

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Bc. Kristina Kosánová

**Dynamika výskytu orchidejí ve vybraném modelovém území
v jižních Čechách**

Dynamics of orchid occurrence in South Bohemia

Diplomová práce

Školitel: prof. RNDr. Pavel Kindlmann, DrSc.

Praha 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 10. 8. 2017

.....

Poděkování:

V první řadě děkuji mému panu školiteli, prof. RNDr. Pavlu Kindlmannovi, za cenné rady a přátelské vedení při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat také panu RNDr. Dušanovi Romportlovi, Ph. D., za jeho rady a pomoc se zpracováním dat a pochopením programu MaxEnt. Mé poděkování patří také všem institucím za poskytnutá data a Zuzaně Štípkové za zasvěcení do systému orchidejových databází. Nakonec bych ráda poděkovala i svým blízkým za trpělivost a podporu.

Abstrakt

Orchideje patří mezi zvláště chráněné rostliny nejen v České republice, ale i na celém světě. Jejich problematice se věnuje mnoho článků v literatuře, avšak ne všechny faktory ovlivňující jejich existenci jsou dosud známy. Cílem této práce bylo zjistit, jaké environmentální faktory ovlivňují existenci druhu na lokalitě ve vybraném modelovém území. Zjištění těchto faktorů je důležité pro záchranu orchidejí, protože pouze znalostí těchto faktorů můžeme docílit jejich lepší ochrany a tím i přežití orchidejí. Dalším cílem práce bylo zjistit hlavní příčinu zániku historických orchidejových lokalit a také zjistit, zda existují možnosti existence i na dalších neobjevených lokalitách. Tato práce byla vypracována na základě nálezových dat z databází a tyto byly během ní také aktualizovány při sběru dat. Hlavní část dat byla zpracována v počítačovém programu MaxEnt, jenž vytváří modely distribuce druhů a umožňuje tak predikovat potenciální výskyt i na dosud neobjevených lokalitách a zároveň analyzovat environmentální faktory, jejichž vliv na výskyt druhu je zkoumán. Bylo zjištěno, že hlavní příčinou zániku orchidejových lokalit v minulosti byl zárůst lokality náletovými dřevinami nebo upuštění od hospodaření a následný zárůst dominantními druhy trav. Faktory ovlivňující existenci na lokalitě byly zpracovány pro čtyři nejpočetnější druhy: *D. majalis*, *C. damasonium*, *P. bifolia* a *E. atrorubens*. Hlavní faktory, které ovlivňovaly většinu druhů byly KVES (konsolidovaná vrstva ekosystémů), heterogenita prostředí, množství orné půdy v okolí, vertikální heterogenita, alkalita hornin a množství luk v okolí. Bylo zjištěno, že existence druhů je možná i na dalších neobjevených lokalitách a tyto lokality byly uvedeny na predikčních mapách. Tato práce může být použita pro osoby, které se zabývají monitoringem orchidejí, umožní jim nalézt i další dosud neobjevené lokality a také umožňuje lépe pochopit, které faktory jsou pro výskyt orchidejí hlavní a měla by tak napomoci jejich ochraně.

Klíčová slova: Orchideje, lokality, databáze

Abstract

Orchids are an endangered group of plants, protected both in the Czech Republic and in the whole world. Questions of their protection are therefore lively discussed, but not all factors, affecting their presence, are known so far. The purpose of this work was to find out, which environmental factors influence the existence of certain orchid species at their localities in the selected area. This is important for better protection of orchids, because only by knowing these factors we can find new sites, or improve management plans of the existing ones. Another purpose of this work was to find out what is the main reason for extinction of orchids at their historical localities and whether or not there is a possibility of finding other, yet unknown localities of these species. This thesis is based on data from databases, which were also updated during the data collection. The data were processed by computer software MaxEnt, which produces species distribution models and allows to predict potential occurrence of orchids even at yet unknown localities. This software also analyses the environmental factors affecting species presence. I found that the main reason of extinction of orchids at their historical localities was overgrowing. Main environmental factors affecting orchid occurrence were analysed for four most numerous species of orchids in South Bohemia: *D. majalis*, *C. damasonium*, *P. bifolia* and *E. atrorubens*. The main factors affecting their occurrence were: KVES (consolidated layer of ecosystems), heterogeneity of habitats, the amount of arable fields, vertical heterogeneity and alcalinity. I found that the existence of orchids is possible at other yet unknown localities and these localities were highlighted in maps of potential presence. This thesis can help to find new localities of orchids and to understand, which environmental factors influence occurrence of these endangered species of plants and so to help in their protection.

Key words: Orchids, localities, database

Obsah

1. ÚVOD	1
1.1. Životní strategie.....	3
1.1.1. Mykorhiza	3
1.1.2. Šálivé květy a reprodukce	4
1.1.3. Dynamika kvetení.....	5
1.2. Environmentální faktory.....	7
1.2.1. Fragmentace krajiny	7
1.2.2. Eutrofizace.....	8
1.2.3. Management	9
2. MATERIÁLY A METODIKA	11
2.1. Popis sledovaného území	11
2.2. Databáze a sběr dat.....	12
2.3. Studované druhy orchidejí.....	15
2.4. Program MaxEnt	16
3. VÝSLEDKY A DISKUZE.....	18
3.1. Důvody vyhynutí orchidejí.....	18
3.2. Analýza MaxEnt.....	23
3.2.1. <i>Dactylorhiza majalis</i>	23
3.2.2. <i>Cephalanthera damasonium</i>	37
3.2.3. <i>Platanthera bifolia</i>	49
3.2.4. <i>Epipactis atrorubens</i>	62
4. ZÁVĚR.....	70
5. Zdroje	71
6. Přílohy	76
Příloha A1 - <i>Dactylorhiza majalis</i> (1. analýza).....	76
Příloha A2 - <i>Dactylorhiza majalis</i> (2. analýza).....	77
Příloha A3 - <i>Dactylorhiza majalis</i> (3. analýza).....	78
Příloha B1 - <i>Cephalanthera damasonium</i> (1. analýza)	79
Příloha B2 - <i>Cephalanthera damasonium</i> (2. analýza)	80
Příloha B3 - <i>Cephalanthera damasonium</i> (3. analýza)	81
Příloha C1 - <i>Platanthera bifolia</i> (1. analýza)	82
Příloha C2 - <i>Platanthera bifolia</i> (2. analýza)	83

Příloha C3 - <i>Platanthera bifolia</i> (3. analýza)	84
Příloha D1 - <i>Epipactis atrorubens</i> (1. analýza)	85
Příloha D2 - <i>Epipactis atrorubens</i> (2. analýza)	86
Příloha D3 - <i>Epipactis atrorubens</i> (3. analýza)	87
Příloha E - Tabulka KVES	88

1. ÚVOD

Orchideje jsou nedílnou součástí naší přírody. Před příchodem člověka se přirozeně vyskytovaly na mnoha místech v krajině, jako jsou například lesy, lesní mýtiny spásané divokou zvěří či na pravidelně narušovaných místech, kde se vyskytovaly laviny, požáry či záplavy. Po příchodu člověka a jeho přetváření krajiny přesídlily mnohé druhy na otevřená stanoviště luk a pastvin. Člověk svými extenzivními postupy při hospodaření zvyšoval rozmanitost krajiny a biodiverzitu, protože nenásilně potlačoval kompetičně silné druhy a umožňoval tak výskyt kompetičně slabších druhů, ke kterým orchideje bezesporu patří. Z důvodu intenzifikace zemědělství v druhé polovině 20. století však došlo k zániku většiny přirozených i polopřirozených stanovišť orchidejí. Ve velkém se začaly odvodňovat mokřady, prameniště či rašeliniště, listnaté lesy vhodné pro výskyt orchidejí byly přeměněny na monokultury jehličnatých rychle rostoucích smrků a malé louky a pastviny byly rozorány či zničeny nadměrnou pastvou velkých stád dobytka. Velký vliv mělo také nadměrné hnojení, které mělo za následek eutrofizaci stanovišť (Jersáková a Kindlmann, 2004).

Avšak i jinde ve světě se setkáváme s podobnou situací. Orchideje patří mezi nejkrásnější rostliny naší planety, a proto se také často stávají obětí soukromých sběratelů a komerčních zájmů společností, které se snaží objevit nové atraktivní druhy pro kultivaci a prodej (Vlčko et al., 2003; Kull et al., 2006). V Africe potom kořeny terestrických orchidejí sloužily jako potrava člověka a vzhledem k tomu, že v Zambii byly považovány za delikatesu, je tam dnes 85 druhů silně ohrožených nebo vymírá (Vlčko et al., 2003). Zvláštní kapitolou je salep, tradiční horký nápoj z Blízkého východu, který se zde připravuje ze směsi velmi jemně namletého salepového kořene (vstavač mužský – *Orchis mascula*) a zázvoru, dochucené skořicí a slazené vanilkovým cukrem. Hlízy pro přípravu salepu se vyrývají v době zrání semen a rostlina se tím zcela zničí. Salep bývá někdy považován za afrodiziakum a používá se i proti nachlazení. Především země Blízkého východu získávají salep z původních druhů orchidejí. Jsou přitom ničeny nezřídka i populace druhů velmi vzácných (Möllerová, 2009).

Mnoho lidí si uvědomuje rostoucí ztráty biologické rozmanitosti po celém světě a lidé, kteří se zajímají o biologii ochrany přírody, si také uvědomují velký vliv antropogenních příčin na tento trend. Odolnost a náchylnost jednotlivých druhů k zániku je různá, ale i přesto existují důkazy o tom, že orchideje patří mezi druhy velmi ohrožené jak přírodními, tak antropogenními vlivy (Kull et al., 2006). Na první pohled by se mohlo zdát, že orchideje nemohou patřit mezi ohrožené druhy, protože *Orchidaceae* jsou jednou z nejpočetnějších

čeledí s odhadem něco okolo 25 000 žijících druhů (Vlčko et al., 2003) a výskytem téměř po celém světě. Když se však jejich studiu začneme věnovat podrobněji, zjistíme, že orchideje jsou v mnoha státech přítomny na národních červených seznamech ohrožených druhů (Kull et al., 2006) a i v České republice patří orchideje mezi nejohroženější čeledi rostlin. Je to proto, že u mnoha druhů orchidejí se dramaticky snižuje jejich početnost a především počet lokalit, kde dosud přežívají.

Co se týče České republiky, byl zde dosud zaznamenán výskyt 68 druhů a poddruhů orchidejí, z nichž některé (konkrétně čtyři druhy) jsou dnes již vyhynulé. Naprostá většina našich orchidejí patří mezi zvláště chráněné druhy a spadají nejčastěji do kategorií kriticky ohrožený a silně ohrožený druh. Všechny druhy se také vyskytují na Červeném seznamu České republiky a velká část i v Červené knize ČR. Dále můžeme některé druhy nalézt i ve směrnici Evropské unie o stanovištích či Bernské úmluvě o ochraně evropské fauny a flory a přírodních stanovišť (Jersáková a Kindlmann, 2004). Ještě více alarmující je fakt, že všechny druhy orchidejí vyskytující se jak v České republice, tak na celém světě, patří pod ochranu CITES. Tato úmluva, která chrání rostliny a živočichy před jakýmkoliv mezinárodním obchodem s nimi či jejich částmi, obsahuje přibližně 27 000 druhů rostlin. Když vezmeme v úvahu fakt, že čeleď *Orchidaceae* čítá 25 000 druhů a všechny jsou součástí CITES, vidíme, že pouze 2000 míst z výše zmíněných 27 000 druhů je obsazeno jinými než vstavačovitými druhy (Vlčko et al., 2003). O ekologii orchidejí se toho potřebujeme ještě hodně naučit, protože podrobně byly studovány pouze některé druhy, a proto je potřeba lépe pochopit, jak reagují na změny prostředí, popřípadě jak je možné je lépe chránit či napomoci jejich rozšíření.

Cílem této diplomové práce je výzkum faktorů, které se podílejí na výskytu orchidejí na jednotlivých lokalitách. V současnosti jsou známy pouze některé objevené lokality, na kterých se určité druhy orchidejí vyskytují, ale není přesně známo, jaké podmínky tyto lokality dělají tak výjimečnými, že je orchideje využívají. Z toho důvodu se v této práci snažíme o výzkum faktorů, které by na jejich výskyt mohly mít vliv, a na základě nich předpovědět, na jakých dalších lokalitách by se vzhledem k těmto faktorům mohly vyskytovat. V budoucnu pak bude možné pomoci tyto podmínky zachovat a umožnit tak výskyt orchidejí na lokalitách i do budoucna, či napomoci jejich rozšíření i do dalších vhodných lokalit. Bude tak umožněna lepší ochrana těchto zvláště chráněných druhů.

Z výše uvedených důvodů se v této diplomové práci zabývám následujícími otázkami:

- Jaké jsou důvody vyhynutí orchidejí na známých lokalitách?
- Jaké faktory ovlivňují existenci na lokalitě?
- Existují možnosti výskytu i na dalších neobjevených lokalitách?

1.1. Životní strategie

Orchideje jsou skupinou rostlin, která se vyznačuje složitými životními strategiemi. Týká se to především rozmnožování, opylování či nepravidelného režimu kvetení. Pro jejich existenci je také velmi důležitá mykorhiza.

1.1.1. Mykorhiza

Mykorhiza, neboli soužití hub s podzemními orgány vyšších rostlin, byla u orchidejí objevena již v polovině 19. století. V případě vstavačovitých se jedná o mykorhizu endotrofní, při níž hyfy hub prorůstají do nitra kořenů, kde se usazují v hostitelských buňkách (Procházka a Velíšek, 1983). Na počátku houbové infekce jsou hyfy vyživovány vyšší rostlinou. Rozrůstají se na úkor hostitelských zásob orchideje a využívají její cukry, bílkoviny či aminokyseliny. Po dostatečném nárůstu poté začnou houbové hyfy samy hromadit z půdního humusu látky, které přijímají pomocí houbových vláken, jež mají rozprostřena ven z kořene do volného substrátu. V další fázi pak orchidej začne stravovat houbové hyfy, které má ve svých kořenech, a získávat tak zpět nejen své vlastní látky, o které přišla při kolonizaci houbou, ale také metabolity houbového endofyta. Rostlina tak přijímá hotové organické látky z houby (Procházka, 1980).

Bylo zjištěno, že v počátečních stádiích klíčení semen a podzemního růstu je naprostá většina druhů orchidejí zcela mykotrofní. Semena totiž nejsou schopna účinně přijímat dostatek živin ze svého okolí, ale při houbové infekci a nárůstu plochy asimilačních orgánů o hyfy hub je jejich růst umožněn díky přijímání asimilátů z rozkladu hub. Stejný vztah byl pozorován i u protokormů, což jsou specifické útvary, které vznikají z klíčícího embrya. Ve

stadiu protokormu mohou orchideje setrvávat i desítky let, než se vyvine dospělá rostlina. Podobně jsou na tom nezelené orchideje, které postrádají chlorofyl. Ty jsou také obligátně mykotrofní. Pravdivost tohoto zvláštního vztahu byla podpořena tím, že proto, aby byla tato zmíněná stadia vývoje a nezelené orchideje schopny efektivně bojovat s půdními organismy o živiny a přijímat tak dostatek živin přímo z půdy, musely by mít dostatečně velký absorpční povrch podzemních orgánů. To však nemají, a proto je pro ně tolik nutná mykorhiza (Rasmussen, 1995).

V následném stadiu dospělé rostliny se druhy již dělí na obligátní mykotrofy, kterými jsou nezelené orchideje, jako je třeba *Neottia nidus-avis*, a na orchideje různě silně závislé na mykotrofii, které však jsou schopny již dále přijímat živiny nejen z rozkladu houbových hyf, ale i z fotosyntézy. Takové druhy jsou tedy částečně autotrofní a částečně mykotrofní (Procházka, 1980).

Jednotlivé druhy vstavačovitých mají i své specifické endofytické houby, a proto je tak obtížné snažit se o umělé pěstování či přesazování orchidejí: takovýto krok často dopadne fatálně, jelikož lidé nejsou vždy schopni zaručit fungující mykorhizu.

1.1.2. Šálivé květy a reprodukce

Orchideje se vyznačují velkým množstvím zvláštností, co se týče procesu opylení. Týká se to jak zvláštního uspořádání květních orgánů, tak opylovacích mechanismů, kdy jsou určité druhy závislé na opylení jen konkrétními druhy živočichů. Spousta faktorů snižuje u orchidejí pravděpodobnost úspěšné reprodukce, ta je však vyvážena obrovským množstvím malých semen, které orchideje produkují.

Semena orchidejí jsou produkována v obrovském množství několika desítek tisíc na jednu rostlinu. Jejich nevýhodou však je jejich bezděložnost. V semenu orchideje nepozorujeme žádné rozlišení odpovídající budoucím orgánům, ale pouze shluk buněk. Z toho důvodu neobsahují endosperm, který by jim poskytoval zásobu živin potřebnou pro úspěšné klíčení a jsou tak závislé na infekci vhodnou houbou a na mykorhize. Poté se již vytváří protokorm a rostlina začíná růst (Procházka, 1980).

Aby mohlo být tak velké množství semen vytvořeno, musí být vajíčka v semeníku opylena dostatečným množstvím pylu, a proto si orchideje vyvinuly tzv. brylky. Tyto útvary nesou velké množství pylu a poté, co je rostlina navštívena hmyzem, se přilepí na sosák či hlavu opylovače, který je vytáhne z květu během toho, co květ opouští. Květy orchidejí jsou

ve velké většině oboupohlavní. Při návštěvě jiného květu orchideje se brylky předkloní a dojde k opylení. Pro hmyz je to bohužel často fatální, protože se brylek nemůže nijak zbavit (Procházka a Velíšek, 1983).

Další zvláštností v této oblasti je fakt, že mnohé druhy orchidejí nevytváří nektar, a proto nenabízí opylovačům žádnou odměnu. Takovéto druhy spoléhají na to, že opylovače ošálí podobností svých květů s nektar produkujícími druhy či podobností se samičkou určitého druhu hmyzího opylovače (Jersáková a Kindlmann, 2004). Jde o tzv. šálivé květy a mají je například rody *Orchis* a *Dactylorhiza* (Daumann, 1971; Procházka, 1980). Co se týče podobností se samičkou určitého druhu opylovače, zde je hmyz lákán k orchideji jak vůní specifických aromatických silic, která je stejná jako vůně samičky jeho druhu, tak barvou a strukturou květu, která samičku připomíná (Kullenberg, 1961; Procházka, 1980). Samec po usednutí na květ zprostředkovává opylení při tzv. pseudokopulačních pohybech (Ames, 1937; Procházka, 1980) a pyl stejným způsobem přenáší na další jedince orchideje. Mnoho druhů orchidejí je závislých pouze na jednom druhu opylovače, zatímco jiné jsou v tomto ohledu považovány spíše za generalisty a opylení může být zajištěno větším množstvím druhů. Výjimkou jsou pak květy, kde dochází k samoopylení.

1.1.3. Dynamika kvetení

Při monitoringu orchidejí je třeba dbát zřetel také na to, že jednotliví jedinci daného druhu orchideje často nekvetou každoročně. Zde hraje vliv i počasí, a to zejména jeho extrémní formy, jako je sucho. Mezi další vlivy můžeme zařadit i požer rostliny v předchozím roce herbivorem. Rostlina tak v některých letech nevyvine květy, je tzv. sterilní. Někdy mohou u rostliny přežívat dokonce pouze její podzemní části a může být tak mylně zaměněna za uhynulou - tento stav se nazývá dormance (Jersáková a Kindlmann, 2004). V dormanci rostlina setrvává obvykle do dvou až tří let (Shefferson et al., 2001) i když jsou známy nemnohé případy, kdy dormance trvala dokonce 11 let (Jersáková a Kindlmann, 2004). Kvůli dormanci tak může být lokalita mylně označena za zaniklou, přestože se na ní orchideje stále vyskytují, ale pouze v podzemních částech. U druhu *Cypripedium calceolus* byla zjištěna souvislost dormance s počtem jarních mrazových dní, množstvím srážek a průměrnou jarní teplotou (Shefferson et al., 2001). Tyto faktory, ovlivňující dormanci u jednotlivých druhů, se mohou samozřejmě lišit, ale je důležité si uvědomit, proč dormance vzniká a že nelze na základě jedné návštěvy na lokalitě usuzovat na celkovou velikost populace daného druhu. Mohli bychom tak mylně lokalitu označit za zaniklou.

Dynamika kvetení je však ovlivněna něčím jiným, a to je schopnost rostliny nashromáždit dostatek zásobných látek. Počet květů v příštím roce je obvykle lineárně závislý na množství zásob, které rostlina nashromáždí v roce předchozím (Jersáková a Kindlmann, 2004). Nepravidelnost kvetení, dormance a výskyt sterilních rostlin byla zjištěna u velkého množství druhů orchidejí (Kindlmann a Balounová, 1999). Důvod tohoto chování byl vysvětlován různě. První hypotézou bylo, že nepravidelné kvetení je důsledkem vysoké ceny za úspěšnou reprodukci v předchozím roce (Whigham a O'Neill, 1991). Větší investice do reprodukce tedy vede k nižší pravděpodobnosti kvetení příští rok, menší velikosti rostliny a její listové plochy (Primack a Hall, 1990). Tvorba květu není energeticky příliš náročná, ale pokud dojde k opylení, tak rostlina musí začít produkovat semena, což je velmi náročnou procedurou, spotřebovávající velké množství energie ze zásob, které má k dispozici (Jersáková a Kindlmann, 2004). Druhou možností byl požer listů (Whigham a O'Neill, 1991), který má za následek snížení asimilace, a následně pak menší množství zásobných látek, které je rostlina schopna v době růstu nashromáždit. Zásobní látky jsou totiž důležité hlavně v začátku růstu nadzemní části a reprodukce (Kindlmann a Balounová, 1999). Ještě závažnějším případem je pak samotný požer podzemní části, ve které jsou zásobní látky uloženy. Willems a Dorland (2000) zjistili, že kvetení druhu *S. spiralis* v jednom roce je následováno nekvetením v roce příštím ve více než 80% případů. Autoři to nepřisuzují věkové struktuře populace, protože jimi pozorované rostliny nevykazovaly známky stárnutí ani po mnoha letech. Willems a Dorland (2000) také zjistili, že rostliny mají menší listovou plochu v roce kvetení ve srovnání s předchozím i následujícím rokem. To je pravděpodobně důsledkem vyčerpání energetických zásob, jak bylo předpokládáno v minulých úvahách. Kvetoucí rostliny nemají dostatek energie na obojí – tedy pro maximální tvorbu květů i listů současně.

Dynamika života orchidejí je velmi složitou záležitostí, ovlivněnou mnoha různými faktory od vlivu klimatu a výskytu dobrých let s vhodnými podmínkami pro růst a kvetení orchidejí, přes vliv spásání zvěří, až po další faktory jako je vysílení rostliny při kvetení, kterou často následuje fáze sbírání energie do dalšího kvetení. Díky tomu je studium populací velmi komplikované, vyžadující zvláštní pozornost a úsilí při jejich zkoumání.

1.2. Environmentální faktory

Na výskyt orchidejí má zásadní vliv i mnoho environmentálních faktorů. Orchideje jsou velmi ohroženou čeledí, a proto může být jejich existence ovlivněna třeba fragmentací krajiny, eutrofizací či managementem lokality, nadmořskou výškou, velikostí území či rozmanitostí habitatů, která může ovlivňovat beta diverzitu.

1.2.1. Fragmentace krajiny

Fragmentace habitatů je jedním z problémů, se kterými se v dnešní době setkáváme. Kvůli nárůstu jak liniových, tak neliniových staveb dochází k rozdělení území a ke zmenšování velikosti populací. Tento problém se týká i orchidejí. Fragmentace zvyšuje prostorovou izolaci a tím brání výměně semen a pylu mezi fragmentovanými skupinami populace. To může mít za následek snížení životaschopnosti druhu. Malé populace tak ztrácí genetickou diverzitu a stávají se příliš malými na to, aby upoutaly pozornost vhodného opylovače. Oba tyto faktory mají za následek snížení životaschopnosti oproti velkým populacím (Meekers a Honnay, 2010). Orchideje jsou k fragmentaci zvláště náchylné, protože často potřebují specifické prostředí, například s přítomností mykorrhizních hub (Rasmussen, 1995). Kvůli intenzifikaci zemědělství je takovýchto vhodných území dnes již velmi málo. Fragmentace krajiny také způsobuje problém s opylovači. Druhy, které jsou závislé na jediném druhu opylovače, jsou mnohem náchylnější k vyhynutí, protože po zmenšení jejich populace se mohou stát pro svého opylovače málo nápadnými či atraktivními. Tyto druhy orchidejí jsou poté díky fragmentaci krajiny odsouzeny k lokálnímu vyhynutí. Naopak druhy, které se vyznačují v tomto ohledu spíše jako generalisté a mohou být tudíž opyleni více druhy hmyzu, nejsou fragmentací natolik ohroženy (Meekers a Honnay, 2010). Podle další studie pak jsou více ohroženy druhy neprodukující nektar oproti druhům, které nektar produkují (Kull et al., 2016). Je to dáno tím, že druhy, které nektar neprodukují, a proto nenabízí opylovačům žádnou odměnu, spoléhají na přítomnost dalších kvetoucích druhů rostlin v okolí, které nektar produkují. Bylo zjištěno, že opylovači zůstávají déle na jednom místě a navštíví více rostlin najednou. Z toho důvodu jsou navštíveny i orchideje, které nektar neprodukují (Nilsson, 1992; Jersáková et al., 2006). Pokud ale dojde k fragmentaci krajiny a zmenší se množství kvetoucích rostlin s nektarem, opylovači se naučí rozpoznávat ty druhy, které jim odměnu v podobě nektaru neposkytují, a lokalitu opustí (Johnson 2000; Cozzolino and Widmer, 2005). Dojde tak častěji k vyhynutí nektar neprodukujících druhů orchidejí.

1.2.2. Eutrofizace

Zvýšená dostupnost živin je obecně u terestrických druhů orchidejí považována za škodlivou. Eutrofizace je považována za hlavní důvod zániku orchidejových lokalit v posledních desetiletích. Přísun živin je zprostředkováván hnojivy, atmosférickou depozicí či mineralizací organických zbytků (Hejzman et al., 2010). Navíc okrajové populace jsou náchylnější k extinkci než více centrální populace, protože bývají malé a izolované, vyskytující se v ekologicky okrajových stanovištích a mají nižší reprodukční rychlost (Jacquemyn et al., 2007).

Podle experimentu, provedeného Silvertownem et al. (1994), se přidáním živin ve formě anorganických hnojiv snížil počet kvetoucích jedinců. V tomto experimentu bylo přidáváno ekvivalentní množství živin, jaké bylo každoročně odstraněno při sklizni sena. Bylo přidáno N, P, Mg a 80% K a testováno na populaci terestrického druhu *Orchis morio*. Vliv přidávaného fosforu měl na populaci orchideje mnohem silnější negativní vliv než přidávek dusíku a pravděpodobně snížil množství kvetoucích jedinců na celá desetiletí. V dalším experimentu pak jednorázový přidávek organického pomalu se uvolňujícího dusíku, fosforu a draslíku okamžitě zvýšil počet tobolek druhu *Platanthera bifolia* u jedinců s malými květenstvími. U rostlin s velkými květenstvími tomu tak nebylo, což značí, že reakce rostliny na vstup hnojiva souvisí s velikostí rostliny. Malým rostlinám může pomoci, ale velkým rostlinám nikoliv (Mattila a Kuitunen, 2000).

Fatální vliv fosforu byl zjištěn i v další studii, kdy byl sledován vliv různých kombinací živin na přežívání tří druhů terestrických orchidejí: *Dactylorhiza maculata*, *Platanthera bifolia*, *Listera ovata*. Tyto druhy byly schopné přežít desetiletí na lokalitě hnojené vápníkem či kombinací vápníku a dusíku, ale při kombinaci vápník, dusík a fosfor bylo přežívání horší. Výskyt druhu *D. maculata* byl nejvyšší na lokalitě hnojené vápníkem. Počet květů *L. ovata* byl vyšší při hnojení vápníkem a dusíkem, což značí, že zvýšená dostupnost dusíku stimulovala růst. Dlouhodobá aplikace dusíkatých hnojiv nebyla v tomto experimentu pro studované orchideje fatální, pokud nebyla doprovázena aplikací fosforečných hnojiv. Je velmi pravděpodobné, že v lokalitách, kde je dostupnost fosforu v půdě přirozeně vysoká a stimuluje růst konkurenčně silnějších druhů, tam je aplikace dusíkatých hnojiv pro konkurenčně slabé orchideje fatální (Hejzman et al., 2010).

Tento negativní vliv fosforu na růst terestrických druhů rostlin byl potvrzen i v dalších pracích a byla tak vyvrácena mylná domněnka, že za úbytek druhů rostlin může obohacování

ekosystémů dusíkem. Podle těchto prací rostliny snáze přežívaly v oblastech limitovaných dostupností fosforu, než v oblastech limitovaných dostupností dusíku (Wassen et al., 2005). Hnojení má tedy na růst orchidejí významný vliv. Díky znalosti tohoto vztahu a vlivu různých druhů hnojiv na populace orchidejí můžeme lépe pochopit důvod tak rychlého zániku velkého množství orchidejových lokalit v posledních desetiletích - v mnoha případech šlo o následek nadměrného hnojení, jež je spojené s intenzifikací zemědělské výroby. Na lokalitách, kde je potvrzen výskyt orchidejí, můžeme umožnit jejich ochranu a zachování do budoucna tím, že je nebudeme hnojit. Bude tím podpořen růst konkurenčně slabších druhů, mezi které patří právě orchideje. V případě, že lokalita bude hnojena, jedinci orchidejí nedostanou příležitost se prosadit vůči konkurenčně silnějším travinám typickým pro eutrofizované louky a postupně vyhynou.

1.2.3. Management

Přežívání populací většiny evropských druhů orchidejí silně závisí i na vhodném managementu lokalit, na kterých se vyskytují. Nejčastějším druhem managementu těchto lokalit je pravidelné sečení nebo pastva (Janečková et al., 2005). Při zastavení sečení nebo pastvy dochází k šíření konkurenčně silných travin v porostu, které postupně vytěsňují konkurenčně slabší druhy, mezi nimi i orchideje, následně pak k zarůstání lokality náletovými dřevinami, které začnou lokalitu stínit a tím dále snižují počet jedinců vzácných druhů.

Při managementu maloplošných chráněných území mohou být použity dvě metodiky. V první řadě to mohou být asanační zásahy, které vedou k obnově zničeného biotopu a jejich vliv je razantní. V případě zničených orchidejových stanovišť to může být velkoplošné odstranění náletových dřevin. Druhou možností jsou pak regulační zásahy, které udržují biotop ve stávajícím vyhovujícím stavu a brání tak sukcesi. Sem patří již zmíněná pastva nebo sečení (Jersáková a Kindlmann, 2004).

Jelikož orchideje patří mezi zvláště chráněné druhy, měl by být vhodný management vždy konzultován s orgány ochrany přírody, jakmile je jejich výskyt na lokalitě zaznamenán. Díky různým institucím je poté možné získat dotace na podporu zemědělců, na jejichž louce se tyto zvláště chráněné druhy vyskytují (Mládek et al., 2006). Je možné získat dotace od ministerstva zemědělství nebo ministerstva životního prostředí, které nabízí několik různých programů na podporu péče o stanoviště vzácných druhů (Jersáková a Kindlmann, 2004).

Pro luční druhy vstavačovitých je vhodná i pastva. Ta by však nikdy neměla být dlouhodobě intenzivní, protože by došlo k nadměrnému poškození drnu, utužení půdy či vypasení orchidejí. Proto by pastva měla proběhnout ideálně mimo dobu kvetení a zrání semen vstavačů, které kvetou v květnu a červnu, nejpozději v červenci u pozdně kvetoucích druhů. Mládek et al. (2006) uvádí jako nejvhodnější postup louku jednou za pár let jednorázově intenzivně vypást a tím narušit travní drn. Volná místa pak umožní lepší vzcházení semenáčků vstavačů a v příštích letech by měla být lokalita pasena jen extenzivně. Jako druhou vhodnou možnost uvádí Mládek et al. (2006) mozaikovitou pastvu na menších plochách v různou dobu, které může být docíleno posuvnými ohradníky. Pro vlhké louky, které jsou známé například výskytem druhu *Dactylorhiza majalis*, uvádí pastvu jako nevhodnou kvůli nadměrnému poškození drnu a doporučuje maximálně krátkodobou řízenou pastvu lehčími druhy zvířat, jako jsou ovce nebo kozy. Pastva či seč by ideálně měla probíhat v červenci či srpnu v době po dozrání semen vstavačů (Jersáková a Kindlmann, 2004; Mládek et al., 2006). Docílí se tak odstranění biomasy travin a ostatních rostlin na lokalitě a tím dojde k podpoře orchidejí. Vhodné je také rozrušování drnu, kde semena vstavačů snáze vzklíčí, protože zapojený porost je pro tato semena nepřekonatelnou překážkou.

Dle výzkumu na druhu *Dactylorhiza majalis* bylo také zjištěno, že na pravidelně sečené lokalitě byla plocha listů větší než na lokalitě, která byla sečená jen jednou za dva roky. Na výskyt kvetoucích jedinců však toto vliv nemělo. Sečení ovlivňuje orchideje dvěma způsoby: snížením zastínění a snížením konkurence s jinými druhy. Bylo také zjištěno, že stínění negativně ovlivňuje délku květu a poměr šířky listu k délce listu na konci sezóny. Doporučuje se sečení alespoň jednou ročně, nejlépe na konci června či na začátku července po dozrání semen (Janečková et al., 2005).

Neměl by být opomenut ani management lesních lokalit vstavačů. Pro lesní druhy je největší hrozbou nahrazování přirozených listnatých lesů smrkovými monokulturami. Tyto lokality jsou však často poškozeny také těžbou dřeva a pojezdem těžké techniky, kdy dochází k poškození i kořenových systémů vstavačů. Z tohoto důvodu by při managementu lesních lokalit orchidejí měla být věnována pozornost oplocení místa výskytu a zabránění změny stromového patra (Jersáková a Kindlmann, 2004).

Při posuzování vhodnosti zásahů managementu je nutný pravidelný monitoring, který ukáže, zda zvolená metodika vykazuje úspěšnost či je třeba přejít k jinému typu managementu. Je zřejmé, že management má na zachování výskytu zvláště chráněných vstavačů zásadní vliv a neměl by být zanedbáván.

2. MATERIÁLY A METODIKA

2.1. Popis sledovaného území

Pro tuto diplomovou práci byla zvolena jako sledované území oblast Jihočeského kraje v České republice. Tato oblast byla zvolena z toho důvodu, že je to poměrně rozsáhlé území, na kterém je známo velké množství lokalit nejrůznějších druhů orchidejí. Jihočeský kraj má rozlohu 10 057 km² a zabírá tak přibližně 12,8 % rozlohy státu (wikipedia).

Orchideje nacházející se na tomto území leží ve středních a vyšších nadmořských výškách od 400 do 800 m n. m. Na tomto území byl dosud zaznamenán výskyt 27 druhů orchidejí. Bohužel některé z historicky známých druhů vyskytujících se na tomto území jsou již na známých lokalitách vyhynulé, a proto je aktuální počet zde žijících druhů nižší. Mezi nejpočetnější druhy vyskytující se na tomto území patří *D. majalis*, *E. atrorubens*, *P. bifolia*, *C. damasonium* či *D. fuchsii*. Byl zde však zaznamenán i výskyt tak vzácných druhů, jako je *G. repens*, *L. loeselii*, *M. monophyllos* či *O. mascula*, které všechny patří podle Červeného seznamu ČR mezi kriticky ohrožené taxony.

Výhodnost tohoto velkého území pro výskyt orchidejí leží částečně také v malé hustotě lidského osídlení, které tak umožňuje zachování většího množství přírodních prostředí vhodných pro výskyt těchto vzácných taxonů.

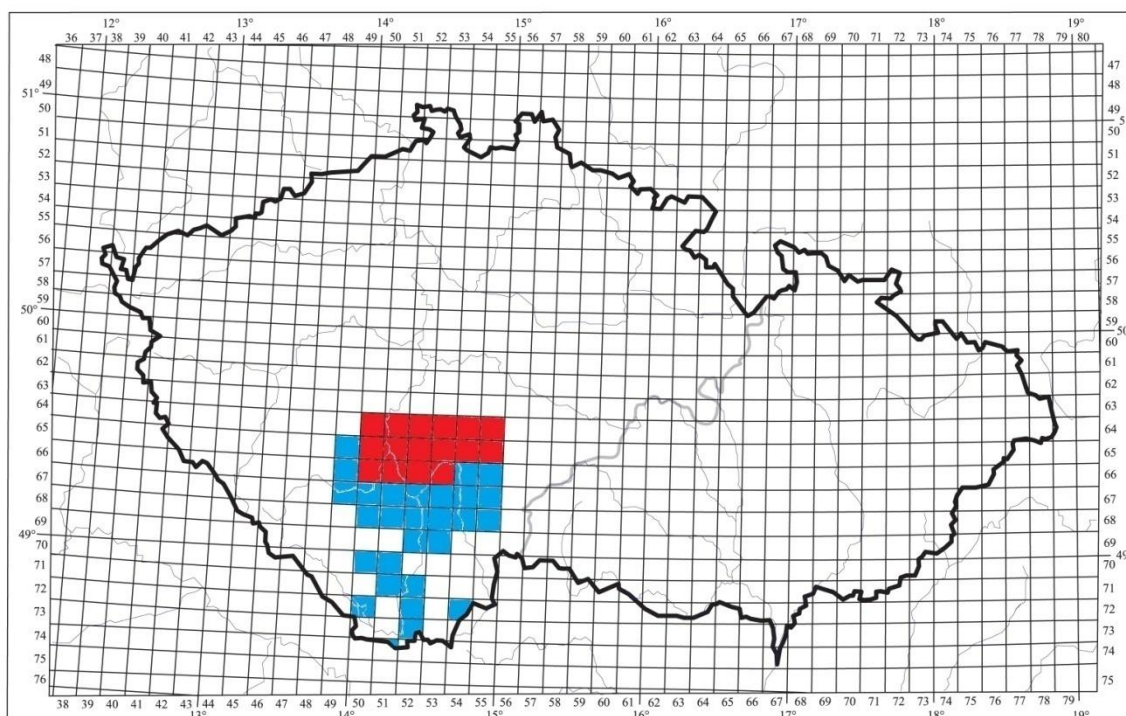
2.2. Databáze a sběr dat

V této práci byly jako zdroj dat použity databáze, zpracované několika různými institucemi, které mapují mj. i výskyt orchidejí. Jedná se o databázi AOPK, Českou národní fytoecologickou databázi, Floristickou dokumentaci, databázi Jihočeské pobočky České botanické společnosti a o databázi z pozůstalosti dnes již zesnulého českého předního orchideologa, Františka Procházky. Všechna tato data jsou deponována na Oddělení výzkumu biodiverzity Ústavu výzkumu globální změny AV ČR v Českých Budějovicích, avšak z důvodu ochrany lokalit nejsou veřejně přístupná.

V jednotlivých databázích se vždy uvádí GPS souřadnice, zaznamenávající nálezovou lokalitu z historie. Dále je uveden název druhu, který tam byl nalezen, a je obvyklé uvést také stručný popis lokality. Každá z uvedených organizací však data zaznamenávala trochu jiným způsobem, a proto neexistovala jednotná databáze, která by shrnovala data ze všech databází. Ze stejného důvodu se také v databázích vyskytuje velký počet duplicit. Pojem duplicita označuje lokalitu, která byla zaznamenána několika organizacemi, někdy i pod trochu jinou GPS souřadnicí. Díky tomu je pak téměř nemožné bez návštěvy lokality určit, zda se jedná o dvě různé blízko ležící lokality nebo o jedinou lokalitu, uvedenou dvěma různými způsoby. Dalším problémem těchto databází je jejich neaktualizovanost. V databázích se tak nachází i lokality objevené během 20. století, u kterých není jasné, zda se na nich orchideje stále vyskytují či již vyhynuly. Toto však platí i pro novější nálezy, protože orchideje jsou citlivé na změnu prostředí, a proto je pro jejich ochranu velmi významný monitoring.

Při monitoringu historických lokalit se lokalita musí osobně navštívit a zjistí se její stav. Toto bylo náplní mé práce při sběru dat. Cílem také bylo vytvoření jedné databáze, která by shrnovala nálezová data ze všech různých databází a neobsahovala duplicity. Důležité také bylo do této jednotné databáze uvést jak historický, tak současný stav lokalit po posledním monitoringu, aby bylo možné sledovat historický vývoj lokality během návštěv v průběhu let. Z této jednotné databáze tak bude možné vycházet při dalších výzkumech.

Moje oblast výzkumu zahrnovala 16 čtverců v severní oblasti Jihočeského kraje. Tyto čtverce ze systému KFME, alias Kartierung der Flora Mitteleuropas, se označují čtyřmístným číselným kódem. První dvě čísla kódu označují řadu a druhá dvě čísla označují sloupec. Celá Česká republika je rozdělena na tyto čtverce a podle nich se dá snadno dohledat, v jaké oblasti se pohybujeme, bez nutnosti vyhledávat přesnou GPS souřadnici. Jeden čtverec přibližně odpovídá velikosti 11,2 x 12 km, což odpovídá 10 minutám zeměpisné délky a 6 minutám zeměpisné šířky. Mých 16 čtverců bylo označeno kódem 6450 – 6455, 6550 – 6555 a 6650 – 6653 a jejich polohu v rámci republiky ukazuje obrázek 1 - jedná se o čtverce vybarvené červeně. V těchto čtvercích jsem navštěvovala historické lokality výskytu orchidejí a zjišťovala jejich aktuální stav.



Obrázek 1: Oblast sběru dat (zdroj: upraveno podle www.entospol.cz)

Při sběru dat bylo náplní mé práce navštívit v uvedených čtvercích všechny historické lokality, na kterých byl objeven výskyt orchidejí v minulosti, pokud nebyly navštíveny v posledních třech letech. Ze všech databází, které jsem měla k dispozici, jsem si tyto lokality vyfiltrovala a podle GPS souřadnice, jsem se pak vydala lokalitu najít a zrevidovat. Musela jsem respektovat dobu kvetení jednotlivých druhů, protože při monitoringu lokalit je nejvýhodnější lokalitu navštívit v době kvetení, aby bylo možné vzácné orchideje vůbec zaregistrovat. Při monitoringu lokalit jsem tedy v databázi našla lokalitu, jež nebyla v posledních letech revidována, a navštívila ji v době kvetení druhu, který se na ní vyskytoval.

Po příjezdu na lokalitu jsem ji prochodila, speciálně jsem se zaměřovala na místa, která vizuálně odpovídala podmínkám, které druh dle literatury upřednostňuje. Pokud jsem tam orchideje objevila, tak jsem určila jejich počet. Počítala jsem převážně kvetoucí jedince, ale pokud se mi podařilo nalézt i nekvetoucího jedince, tak jsem ho také zaznamenala. Dále jsem si zapisovala údaje o poloze lokality, které v databázi často chyběly. Díky těmto informacím či instrukcím tak bude možné tuto lokalitu v budoucnu snáze objevit při dalším monitoringu. Také jsem zapisovala údaje o stavu lokalit a o tom, zda odpovídá nárokům daného druhu. Tato informace zahrnovala například údaje o sečení lokality, čili zda je kosená, pasená či zarostlá, zda se na lokalitě vyskytuje nálet a hrozí zánik lokality a podobně. Lokalitu jsem také zdokumentovala fotograficky. Mou prací taktéž bylo zjistit, zda se mezi uvedenými lokalitami vyskytují duplicity.

Z takto nasbíraných dat jsem vytvořila jednotnou aktualizovanou databázi a uvedla v ní jak historické návštěvy, tak mou poslední návštěvu. Vše je chronologicky uspořádáno podle data návštěvy a v této databázi jsou také vyloučeny duplicity, protože takovéto lokality byly zařazeny pod některou jinou lokalitu a přidány do chronologického seznamu návštěv. V této databázi je uvedeno číselné označení lokality, jež odpovídá číslu čtverce, ve kterém se nachází, a číslu lokality v tomto čtverci. Číslo lokality nabývá hodnot od 1 do X podle počtu lokalit ve čtverci. Dále je uvedena GPS souřadnice, název druhu, počet nalezených jedinců, popis lokality, datum návštěvy, nejbližší obec a popis stavu lokality a také jméno člověka, který ji v daném roce navštívil. Byl uveden také kód lokality, který značí, zda je lokalita již zaniklá (-1), druh nebyl nalezen, i když podmínky zjevně odpovídají nárokům daného druhu (0), na lokalitě bylo nalezeno 0-10 jedinců orchideje (1), nalezeno 11-100 kusů (2), nalezeno 101-1000 kusů (3) či nalezeno více jak 1000 kusů (4). Z takto zpracované databáze je pak možno vycházet při dalších výzkumech vývoje stavu lokalit těchto zvláště chráněných druhů.

Z fotografií, které jsem na místě pořídila, jsem vytvořila fotografickou databázi. Fotografie pořízené na lokalitě jsou důkazem o stavu lokality v roce mé návštěvy a do budoucna mohou být použity pro porovnání stavu se stavem, jaký na lokalitě panoval při mé návštěvě. Každá fotografie je pojmenovaná jednotným způsobem, který vychází z názvu druhu, nejbližší obce a číselného označení lokality, které odkazují na databázi.

Při postupu a vytváření databáze dat i fotografií jsem vycházela ze zavedeného postupu, do kterého jsem byla uvedena před návštěvami lokalit. Zrevidovala jsem 69 lokalit uvedených v databázích, ze kterých jsem vycházela. Vyskytovaly se mezi nimi i duplicity, takže reálný počet lokalit byl nižší. Pro zpracování dat bylo použito větší množství dat, než bylo mnou

nasbíráno. Data jsem s jejich dovolením přejala od dalších osob podílejících se na revizi orchidejových lokalit, kteří taktéž spolupracují s vedoucím mé práce. Přejatá data byla ve stejném formátu jako data mnou nasbíraná. Pro další zpracovávání dat v programu MaxEnt je důležité mít k dispozici co největší počet dat, a proto byla použita částečně má data a částečně data přejatá. Čtverce, ze kterých byla přejata data, ukazuje obrázek 1 - jedná se o modře vybarvené čtverce. Tím se také podařilo vyloučit různé sezónní anomálie, jež by mohly ovlivnit množství kvetoucích a tudíž i nalezených jedinců. Všechna data, která byla použita pro další analýzu v MaxEnt, nebyla starší tří let. Data pochází z let 2014, 2015 a 2016 a týkají se posledních návštěv na lokalitách.

2.3. Studované druhy orchidejí

Z důvodu náročnosti použitých analytických metod (MaxEnt - viz 2.4.) na množství dat byla analýza použita pouze pro čtyři druhy orchidejí, které se vyskytují ve sledovaném území v největším počtu živých lokalit. Těmito druhy je *Dactylorhiza majalis*, *Platanthera bifolia*, *Cephalanthera damasonium* a *Epipactis atrorubens*.

- *Dactylorhiza majalis*, česky prstnatec májový, je druh s širokou ekologickou amplitudou, který osidluje vlhké a slatinné louky, slatiny až vrchoviště, prameniště a vzácněji může být také nalezen na okrajích lesa a pasekách. Často bývá nalezen na půdách bohatých na živiny, ale je citlivý na eutrofizaci, kterou u tohoto druhu považujeme za silně nežádoucí.
- *Platanthera bifolia*, česky vemeník dvoulistý, je taktéž druh s širokou ekologickou amplitudou, ale preferující světlé dubové, habrové a bukové lesy nebo křoviny. Můžeme ho nalézt také na otevřených bezlesých stanovištích mezofilních luk či chudých pastvin. Tento druh preferuje jak mírně kyselé, tak zásadité půdy.
- *Cephalanthera damasonium*, česky okrotice bílá, je krásná bíle kvetoucí orchidej, která se vyskytuje především v okroticových bučinách, černýšových dubohabřinách a mladých lipinách. Preferuje půdy s vyšším obsahem bází.

- *Epipactis atrorubens*, česky kruštík tmavočervený, je druh rostoucí výhradně na vápencích. Můžeme ho nalézt v křovinatých lesostepních stráních, ve světlých listnatých i jehličnatých lesích a dále na vápencových sutích a skalách bez organických látek (Jersáková a Kindlmann, 2004).

2.4. Program MaxEnt

Nasbíraná data byla zpracována v počítačovém programu MaxEnt. Tento program vytváří modely distribuce druhů (species distribution modeling) a slouží k vymezení podmínek prostředí, které umožňují trvalý nebo přechodný výskyt jedinců či populací zkoumaného druhu. Výsledkem modelu je poté prostorová predikce aktuálního a potenciálního rozšíření druhů. Pomocí škály barev je pak možné porovnávat vhodnost jednotlivých území pro výskyt druhu a zjistit, jak se které území pro daný druh hodí. Modely distribuce druhů jsou založeny na znalostech nároků druhů na podmínky prostředí. Z toho důvodu je důležité nejdříve porozumět preferencím druhu a z environmentálních proměnných, jež takto určíme, modelovat potenciální distribuci. Díky matematickému či statistickému modelování vztahu mezi těmito ekologickými podmínkami prostředí a nálezovými daty z oblastí, kde byl výskyt druhu potvrzen, je možné vytvářet modely distribuce druhů (Romportl, 2014; Phillips et al., 2006).

Do modelu se vkládají nálezová data, což jsou jednotlivé body v krajině, kde byl daný druh nalezen a dále faktory prostředí, jejichž závislost a vztah k výskytu druhu chceme zkoumat. Nálezová data jsou tedy bodová data a faktory prostředí se vkládají jako vrstvy. Pro analýzu modelu distribuce druhů orchidejí byla použita presence-only data. To znamená, že nasbírané údaje odpovídají pouze územím s výskytem a tudíž nejsou k dispozici data z území, kde se druh s jistotou nevyskytuje. Statistický model poté proloží jednotlivé vrstvy environmentálních faktorů, jejichž závislost je zkoumána, bodovými údaji o nálezových lokalitách a na základě podmínek, které se na místě nálezu vyskytují, predikuje další výskyt v územích, na nichž druh dosud objeven nebyl. Model tedy predikuje, v jakých dalších územích se vyskytují vhodné podmínky, a tudíž je tam pravděpodobnost výskytu vyšší než jinde. Výsledkem je tedy mapa potenciální a aktuální distribuce druhu, kde na barevné škále v rozmezí od 0 do 1 je zvýrazněna pravděpodobnost výskytu. Pro vztah mezi

environmentálními proměnnými a presence-only nálezovými daty je použit program MaxEnt, který pracuje na základě metody maximální entropie (Romportl, 2014; Phillips et al., 2006; Kindlmann et al., 2017).

V této diplomové práci byl MaxEnt použit pro vytvoření modelu distribuce vybraných druhů orchidejí v mém modelovém území. Kvůli náročnosti programu na množství vstupních nálezových dat byl model použit pouze pro čtyři nejpočetnější druhy vyskytující se ve sledovaném území.

Inspirace pro tuto práci vychází z podobné analýzy, která byla uskutečněna na Krétě, a byla taktéž vytvořena v programu MaxEnt. V této práci byla použita nálezová data spolu s environmentálními proměnnými pro predikci potenciálního výskytu orchidejí. Na začátku byl testován vliv 24 environmentálních proměnných, jež byly v závěru zúženy na sedm nejdůležitějších proměnných. Vliv jednotlivých z nich byl pak v závěru vysvětlen. Výsledné mapy byly použity za účelem vytvoření lepších plánů ochrany orchidejí a pro identifikaci území s jejich významným výskytem (Tsiftsis et al., 2011).

Pro výsledky této diplomové práce byly vytvořeny dvě analýzy v MaxEnt s odlišnými environmentálními proměnnými, jejichž závislost byla zkoumána. V první analýze byl zkoumán vliv mezoklimatických faktorů, mezi které byl zahrnut počet mrazových dní, roční úhrn srážek, míra oslunění lokality, počet letních dní a počet tropických dní, délka vegetační sezóny, průměrná roční teplota a variabilita teplot. V této první analýze byl také kromě mezoklimatických faktorů zkoumán vliv nadmořské výšky, KVES (konsolidovaná vrstva ekosystémů) (AOPK ČR, 2013) a sklonitosti (ČÚZK, 2010). Data pro mezoklimatické faktory byla získána od Ústavu výzkumu globální změny AV ČR. Tato data byla vytvořena na základě časové řady z let 1981 – 2011, na kterých byl klasifikován charakter klimatu. Rozlišení těchto dat bylo pro čtverce o velikost 500 x 500 m. KVES charakterizuje jednotlivé biotopy (viz příloha E), které se na zkoumaném území vyskytují a byl vytvořen na základě sloučení tří mapových podkladů – Natura 2000, Zabaged a Elpis. Rozlišení těchto dat je 1:10 000. Ve druhé analýze MaxEnt byl zkoumán pro změnu vliv různých druhů biotopů a prostředí, které se vyskytují v okolí lokality. Zkoumán byl vliv rašelinišť a pramenišť, skal a sutí, hospodářských luk, aluviálních a vlhkých luk, suchých trávníků, mezofilních luk. V této analýze byl taktéž použit KVES, který říká, na jakém biotopu se lokalita vyskytuje. Dále byl zahrnut vliv heterogenity prostředí, množství orné půdy v okolí lokality, vertikální heterogenity, TPI (topographic position index, který říká, zda se lokalita vyskytuje v údolí, na svahu či na vrcholu kopce) a zda je území zaplavované při pravidelných ročních cyklech nebo

záplavách. Z faktorů, které byly pro jednotlivé druhy nejdůležitější, byla poté vytvořena finální analýza v Maxent, která by měla nejpřesněji vystihovat podmínky, jež tyto druhy vyžadují. Do finálního MaxEntu byl navíc zahrnut vliv geologického substrátu a alkality (Chuman et al., 2014).

3. VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1. Důvody vyhynutí orchidejí

Jedním z cílů této diplomové práce bylo zjistit, z jakých důvodů orchideje na lokalitách vymírají. Toto je důležité pro zjištění hlavního důvodu ohrožení orchidejí v dané lokalitě, v tomto případě Jihočeského kraje, a k umožnění lepší ochrany lokalit do budoucna.

Při výzkumu tohoto druhu ohrožení bylo postupováno dle zavedené praxe, do které jsem byla uvedena vedoucím mé diplomové práce a jeho spolupracovníky, kteří se podílí na revizi lokalit v Jihočeském kraji. Jak bylo již uvedeno, při monitoringu lokalit se lokalita osobně navštíví a zjistí se její stav. Tento stav je pak zanesen do databáze, kde slouží k dalšímu výzkumu či zpracování nasbíraných dat. Jedním z údajů, který do databáze uvádíme, je kód lokality, který určuje počet nalezených jedinců, pokud zde orchideje byly nalezeny, anebo v opačném případě značí lokalitu trvale zaniklou nebo lokalitu s vyhovujícími podmínkami, kde však druh přesto nalezen nebyl. Díky tomuto kódovému označení je pak možné z databáze vyfiltrovat jen ty lokality, které byly označeny "-1" a byly shledány zaniklými. Toto číselné označení a jeho důvod bylo vysvětleno v kapitole Materiály a metodika.

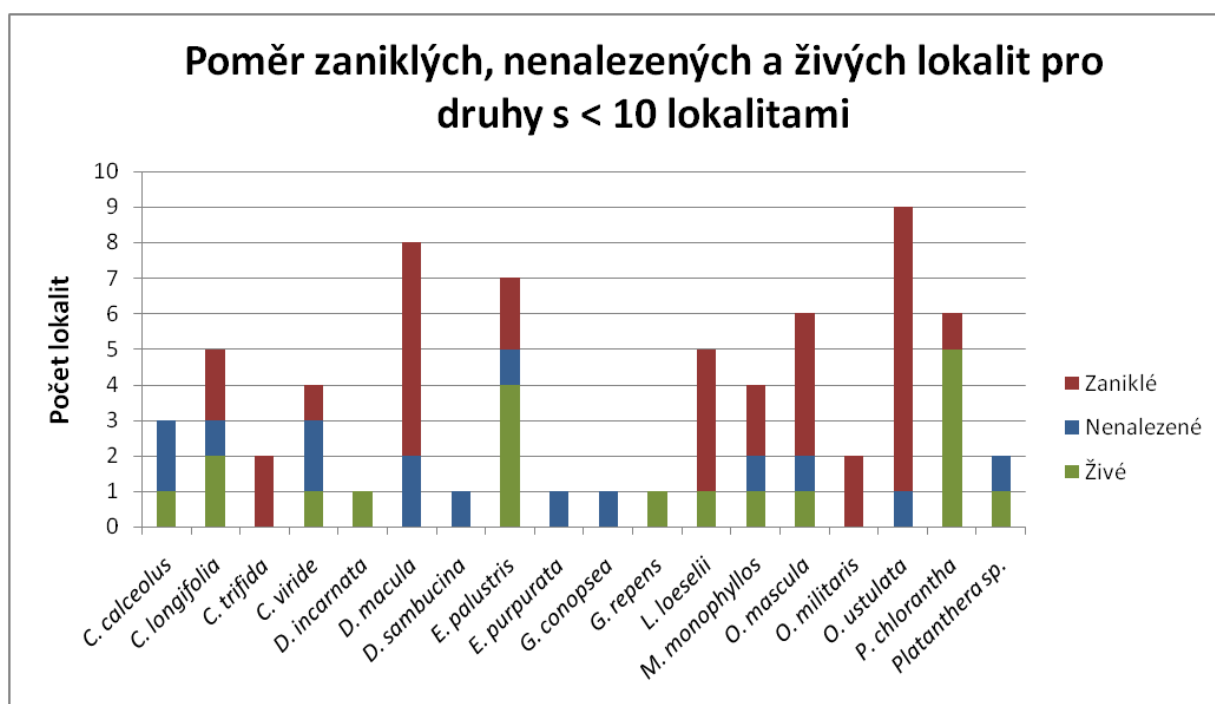
Další věc, kterou musí každý člen monitorovací skupiny uvést, je důvod, proč se rozhodl lokalitu označit jako zaniklou. Tento údaj však není uveden kódem, ale je součástí textu, jenž popisuje stav lokality. Určení důvodu zániku není vždy zřejmé a proto lokality, kde druh nebyl nalezen, ale podmínky jsou na první pohled vyhovující, neoznačujeme jako zaniklé. Proto jsou jako trvale zaniklé lokality označeny zaprvé lokality, kde došlo ke změně využití krajiny - tedy louka či les byly přeměněny na pole, vodní nádrže, zastavěny a podobně.

Zadruhé takto označuje lokality, kde se vyskytují náletové dřeviny, bylo upuštěno od hospodaření či je lokalita zarostlá.

Proto se v této práci zabýváme otázkou, který z uvedených dvou důvodů zániku byl v minulosti častější. Revidované lokality pochází i z období počátku 20. století, a proto důvod není zřejmý, jelikož od té doby došlo nejen ke změně využití krajiny, ale také k upuštění od tradičního způsobu hospodaření na malých loukách, pastvinách a podobně.

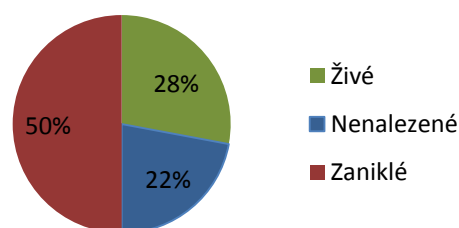
Na následujících grafech je znázorněn stav lokalit při poslední provedené revizi. Tyto revize se týkají let 2014, 2015 a 2016. Druhy orchidejí jsou v grafech rozděleny podle celkového počtu lokalit na druhy s méně než 10 lokalitami, druhy s 11 - 100 lokalitami a druhy se 101 - 1000 lokalitami. Pro toto číselné rozdělení jsem se rozhodla vzhledem ke kódovému označení lokalit, kdy se stejným způsobem rozdělují lokality podle počtu nalezených jedinců. Je tak možné odlišit druhy velmi vzácné, vzácné a méně vzácné.

Na obrázku 2 se nachází rozdělení stavů lokalit pro druhy velmi vzácné s méně než deseti lokalitami nalezenými v Jihočeském kraji. Barevně jsou zde odlišeny lokality zaniklé, živé a lokality, kde druh nalezen nebyl, přestože lokalita vypadala jako vhodná pro výskyt. Z tohoto grafu vyplývá, že velké množství druhů je takto vzácných a ohrožených a potřebuje větší ochranu. Můžeme také vidět, že velké procento lokalit je již zaniklých. Celkový poměr těchto stavů pro druhy s méně než deseti lokalitami ukazuje obrázek 3.



Obrázek 2: Stav lokalit pro druhy s < 10 lokalitami

Celkový poměr stavu u druhů s < 10 lokalitami

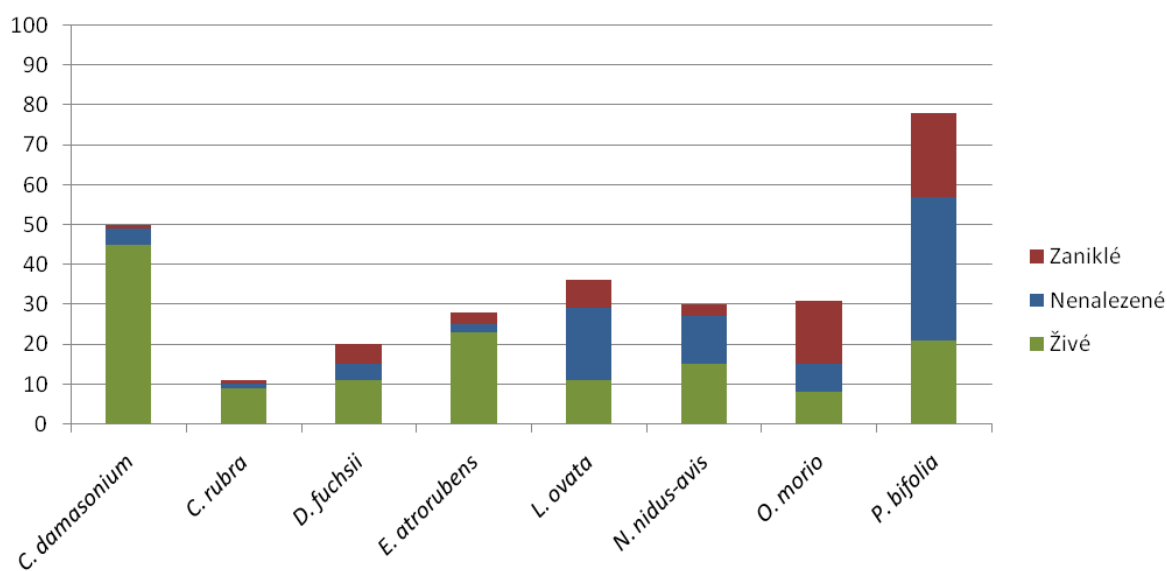


Obrázek 3: Celkový poměr stavů pro druhy s < 10 lokalitami

Na obrázku číslo 3 vidíme, že polovina lokalit u druhů s méně než deseti lokalitami je již trvale zaniklá a druh na těchto lokalitách již nemá šanci se bez pomoci člověka obnovit. Příčina takto velkého zániku lokalit je, že druhy, které se vyskytují v takto malých počtech lokalit, jsou velmi citlivé na změnu prostředí a mají často specifické nároky na prostředí. Z toho důvodu také snáze vyhynou než méně specializované druhy.

Na následujících grafech je pak ukázán aktuální stav lokalit pro druhy s více než deseti lokalitami. Tyto druhy jsou často nenáročné, a proto častěji přežijí. Obrázek 4 ukazuje stavy lokalit pro jednotlivé druhy a obrázek 5 celkový poměr stavů lokalit pro tyto druhy.

Poměr zaniklých, nenalezených a živých lokalit pro druhy s 11 - 100 lokalitami



Obrázek 4: Stav lokalit pro druhy s 11 - 100 lokalitami

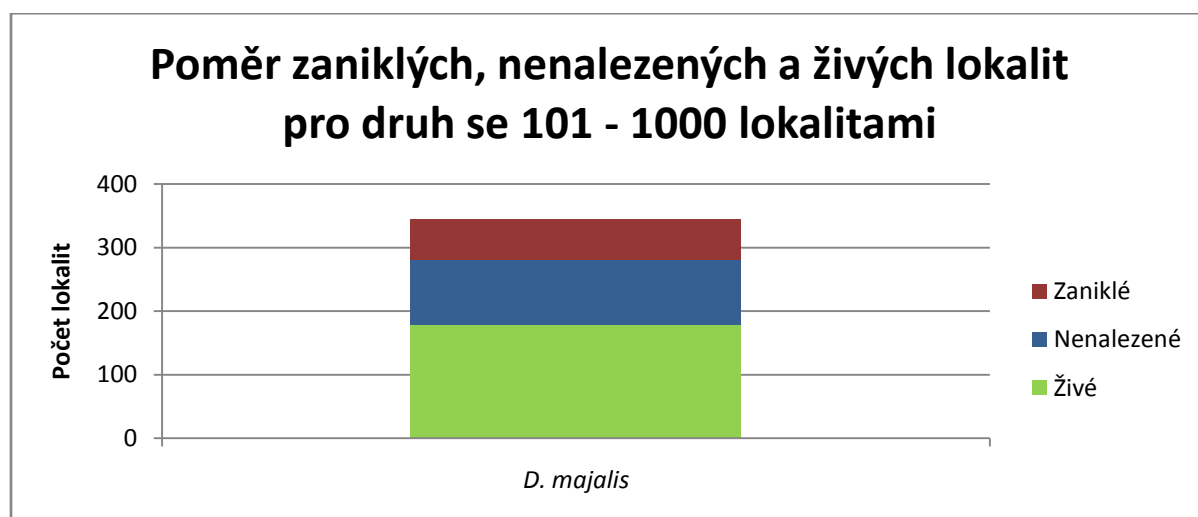


Obrázek 5: Celkový poměr stavů pro druhy s 11 - 100 lokalitami

Když porovnáme celkové stavy lokalit pro druhy s méně než deseti lokalitami a pro druhy s více než deseti lokalitami, tak vidíme, že poměry jsou velmi rozdílné. Zatímco u velmi vzácných druhů je dnes již polovina lokalit zaniklá, u druhů s více lokalitami je stále polovina lokalit živých.

Samostatně uvádím druh *Dactylorhiza majalis*, který jako jediný disponuje více než stovkou lokalit v Jihočeském kraji. Poměr zaniklých, nenalezených a živých lokalit u toho druhu se podobá poměru stavů u druhů s 11 - 100

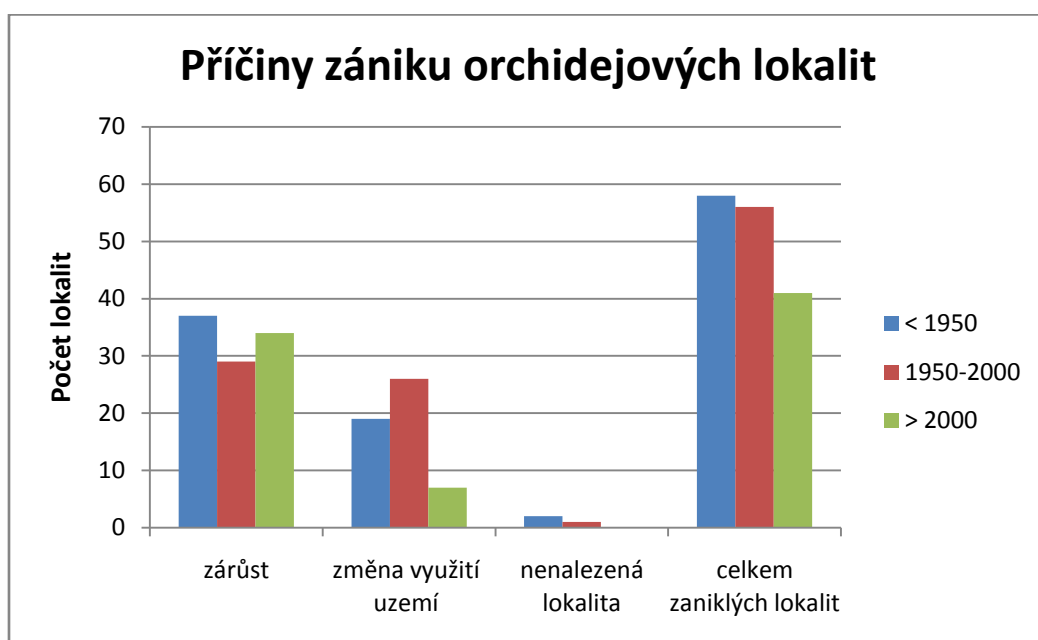
lokalitami a odpovídá tedy domněnkám, že méně náročné druhy jsou odolnější vůči změnám. Aktuální situaci tohoto druhu ukazuje obrázek 6.



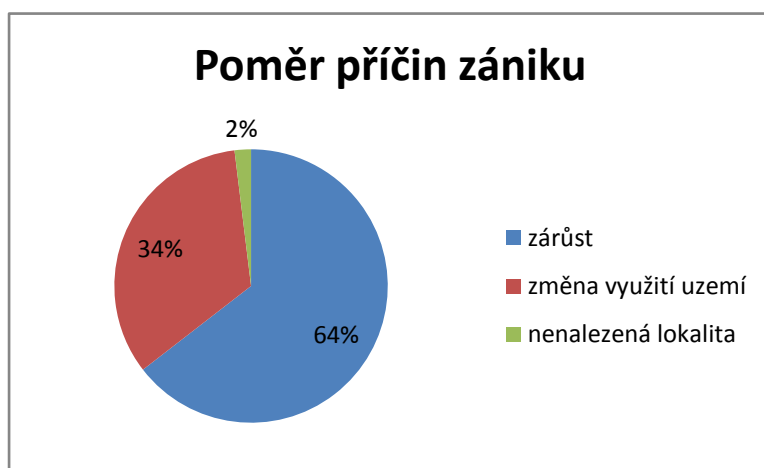
Obrázek 6: Stav populace *Dactylorhiza majalis*

Poté, co jsou již známy stavy lokalit pro jednotlivé druhy orchidejí vyskytující se v Jihočeském kraji, se zaměříme na příčiny zániku lokalit. Bylo již řečeno, že důvody zániku lokality jsou dva hlavní: změna využití území, kdy se vhodná lokalita zásahem člověka změní na nevhodnou, a zarůstání lokality. K těmto dvěma možnostem jsem však v následujících grafech přidala i třetí, a tou je, že lokalita nebyla při monitoringu nalezena. Tento důvod se vyskytuje častěji u lokalit objevených na počátku 20. století, protože v té době neexistoval ještě tak dobrý mapovací systém, jako jsou současné GPS souřadnice, a proto lokalizace byla často nepřesná. V následujícím obrázku 7 tedy můžeme vidět hlavní příčiny zániku rozdělené podle doby nálezů lokalit. Lokality jsem dle data nálezů rozdělila na historické, které byly

objeveny před rokem 1950, na lokality objevené mezi lety 1950 a 2000 a nakonec na nově objevené lokality, které se v záznamech objevují až od roku 2001. Zde vidíme, že u lokalit objevených před rokem 1950 a po roce 2000 je suverénně hlavní příčinou zániku zarůstání vhodné lokality. Naopak u lokalit objevených mezi lety 1950 a 2000 je příčina zániku téměř vyrovnaná a velké množství v této době objevených lokalit zaniklo také díky změně využití území. Během procházení databáze jsem zjistila, že změna využití území zahrnovala nejen stavbu vodních nádrží nebo rozorání na pole, ale také například zástavbu rodinnými domy či v jednom případě dokonce budovami jednotného zemědělského družstva.



Obrázek 7: Příčiny zániku orchidejových lokalit



Obrázek 8: Poměr příčin zániku

Z obrázku 8 nakonec vyplývá, že hlavní příčinou zániku orchidejových lokalit je zarůstání plochy dominantnějšími druhy rostlin, protože téměř dvě třetiny zaniklých lokalit zaniklo tímto způsobem.

3.2. Analýza MaxEnt

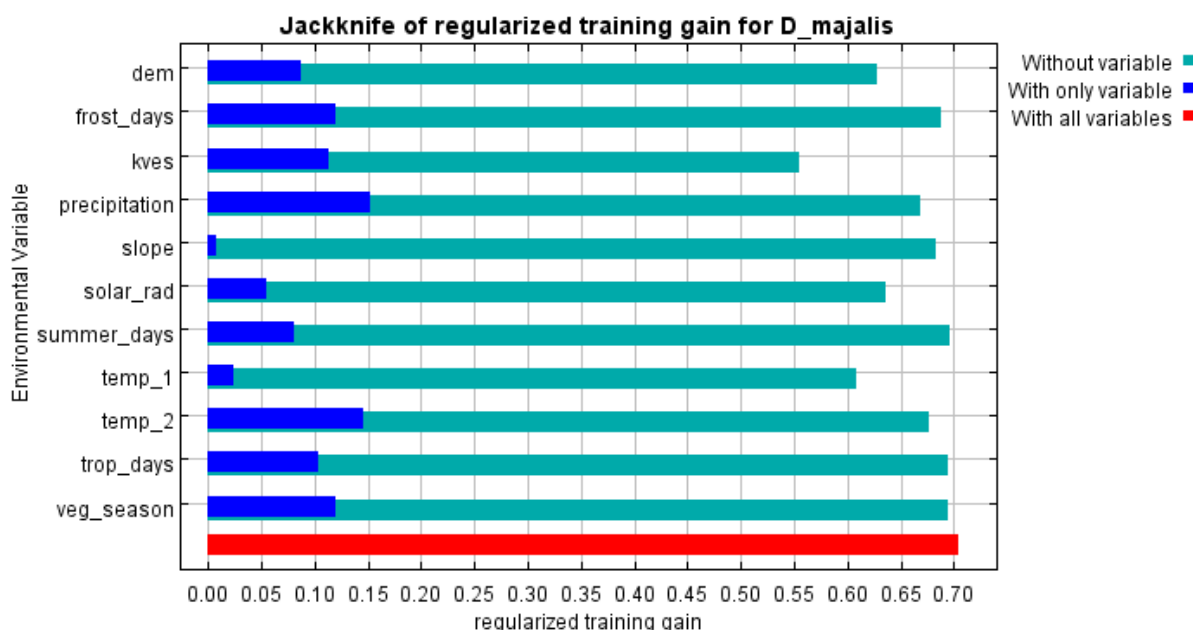
V následujících kapitolách se zaměříme na další dvě otázky, které byly položeny v úvodní kapitole a tedy na faktory, které ovlivňují existenci druhu na lokalitě a zda existují možnosti výskytu na dalších neobjevených lokalitách v Jihočeském kraji.

3.2.1. *Dactylorhiza majalis*

V první části se zaměříme na druh *Dactylorhiza majalis*, který se v Jihočeském kraji vyskytuje nejhojněji. V první analýze programu MaxEnt byly zkoumány převážně mezoklimatické faktory, jak již bylo vysvětleno v kapitole 2.4. Příloha A1 odkazuje na mapu predikce potenciálního výskytu druhu *Dactylorhiza majalis* ve sledovaném území. Zde může být na základě barevné škály od 0 do 1 v mapě rozlišena pravděpodobnost výskytu. Místa, která jsou zde označena oranžovou až červenou barvou, mají větší pravděpodobnost, že se na nich druh bude vyskytovat, než místa modrá. Toto barevné rozložení vzniklo na základě vstupních environmentálních proměnných, jejichž závislost byla zkoumána. Místa s červenou barvou však nikdy neznamenaají, že na nich druh bude stoprocentně nalezen, jelikož existují i podmínky, které kvantifikovat nelze a těmi je například management. Na těchto územích je ale dobré druh hledat, protože pravděpodobnost, že bude nalezen zde, je vyšší než na modrých místech. Bílé čtverce v mapě ukazují nálezové lokality, ze kterých analýza vychází, a špatně viditelné fialové čtverečky ukazují testované lokality. Na těchto testovaných lokalitách byla zkoumána správnost analýzy - tedy to, zda predikce pasuje na tato místa tak, jak by měla.

Na obrázku 9 poté jsou vidět jednotlivé odpovědi sledovaného druhu ke zkoumaným proměnným. Na tomto grafu, který je výsledkem tzv. jackknife procedury, se nachází pro každou environmentální proměnnou, uvedenou na ose y, dvě modré čáry. Čím je delší tmavě modrá čára, tím větší význam má daná proměnná při použití samostatně. Délka tmavě modré čáry tedy říká, jak velkou informaci poskytuje tato proměnná sama o sobě ve vztahu ke sledovanému druhu. Na tomto grafu pro druh *D. majalis* je tedy vidět, že výskyt druhu závisí na průměrném ročním úhrnu srážek, KVES apod. Světle modrá čára na grafu má následující význam: čím je kratší, tím víc informací v sobě má, které nejsou obsažené v jiných proměnných. Tedy environmentální proměnná s krátkou světle modrou čarou by nejvíce snížila zisk dané analýzy, pokud by byla z analýzy vynechána. Tyto proměnné tak mají

nízkou kolinearitou s ostatními. V tomto případě je to KVES, který má pro analýzu zásadní důležitost.



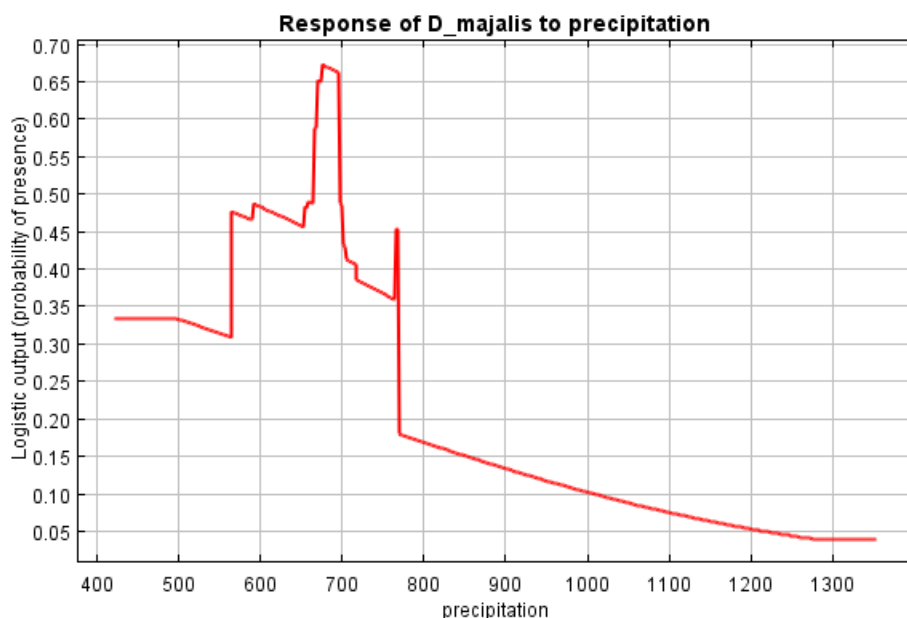
Obrázek 9: Jackknife - *D. majalis*

Bohužel v našem případě jsme došli po uvážení k závěru, že výzkum vztahu mezoklimatických proměnných k výskytu sledovaného druhu nemá velkou vypovídací hodnotu. K tomuto závěru jsme došli poté, co jsme zkusili výsledky extrapolovat na celou Českou republiku. Vzhledem k tomu, že jsme použili proměnné, které jsou svou variabilitou typické pro Jihočeský kraj, tak nebylo možné výsledky použít pro obecnou kvantifikaci vztahu sledovaného druhu k environmentálním proměnným. Z tohoto důvodu jsme pro finální analýzu použili z této první analýzy pouze KVES, protože ten nám podle obrázku 9 vyšel jako environmentální proměnná s nejnižší kolinearitou k ostatním.

Tato diplomová práce byla částečně pojata také jako jakýsi test, zda lze MaxEnt použít pro predikci potenciálního výskytu orchidejí. Z toho důvodu bude na následujících grafech odpovědi zkoumaného druhu k jednotlivým proměnným vysvětleno, proč jsme došli k závěru, že nepoužijeme více mezoklimatických faktorů pro finální analýzu.

Na obrázku 10 je vidět odpověď druhu na průměrný roční úhrn srážek. Na tomto grafu není patrný žádný klesající či rostoucí trend a jedná se pouze o hodnoty úhrnu srážek, ve kterých se sledované nálezové lokality nacházely. Když tyto hodnoty srovnáme s hodnotami, které jsou obecně známy pro jižní Čechy, zjistíme, že to odpovídá předpokládanému úhrnu 700 mm srážek za rok. Z tohoto důvodu jsme tuto proměnnou pro další analýzu nepoužili, i

když její vliv byl dle obrázku 9 velký. Ostatní proměnné, které se týkají mezoklimatických proměnných, vykazují podobný trend a také kvantifikují pouze území jižních Čech. Z nálezových databází víme, že se sledovaný druh *D. majalis* vyskytuje i jinde mimo Jihočeský kraj, a proto jsme dále mezoklimatické faktory pro analýzu nepoužívali, protože bychom se tak dopustili chyby a mylně bychom přisoudili výskyt druhu pouze jižním Čechám.



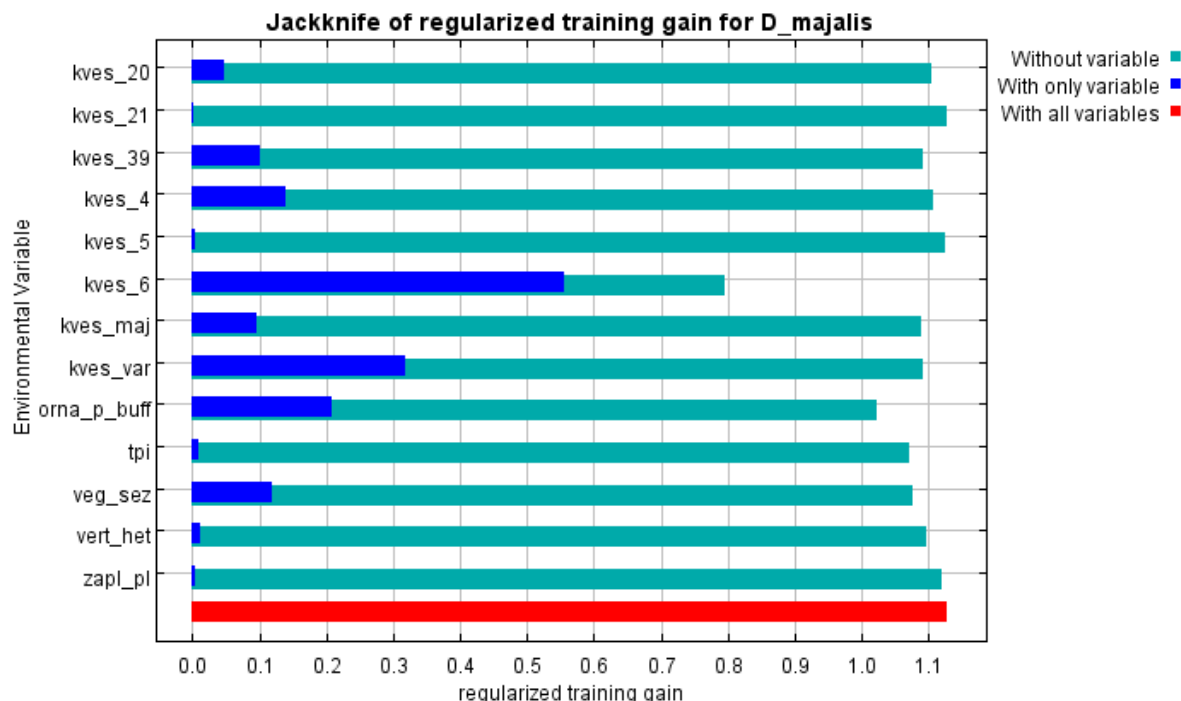
Obrázek 10: Roční úhrn srážek - *D. majalis*

Naopak proměnnou, kterou jsme pro další analýzu využili je KVES, tedy takzvaná konsolidovaná vrstva ekosystémů. Jeho vliv jsme taktéž zkoumali ve druhé analýze MaxEnt, kde bude také blíže vysvětlen.

Druhá analýza MaxEnt, která byla pro sledovaný druh vytvořena, zkoumá vliv různých biotopů v území na výskyt druhu. Mapu potenciální predikce výskytu ukazuje Příloha A2. V této analýze byl zkoumán vliv zastoupení jednotlivých ekosystémů ve čtverci 500×500 m, v jehož měřítku jsme z důvodu náročnosti na výpočet pracovali, a v jeho okolí. Z důvodu chyby při vkládání dat byl přidán také KVES 21, což jsou skály a sutě, a proto nebyl dále zahrnován do výsledků. Popis všech zkoumaných faktorů vysvětluje kapitola 2.4.

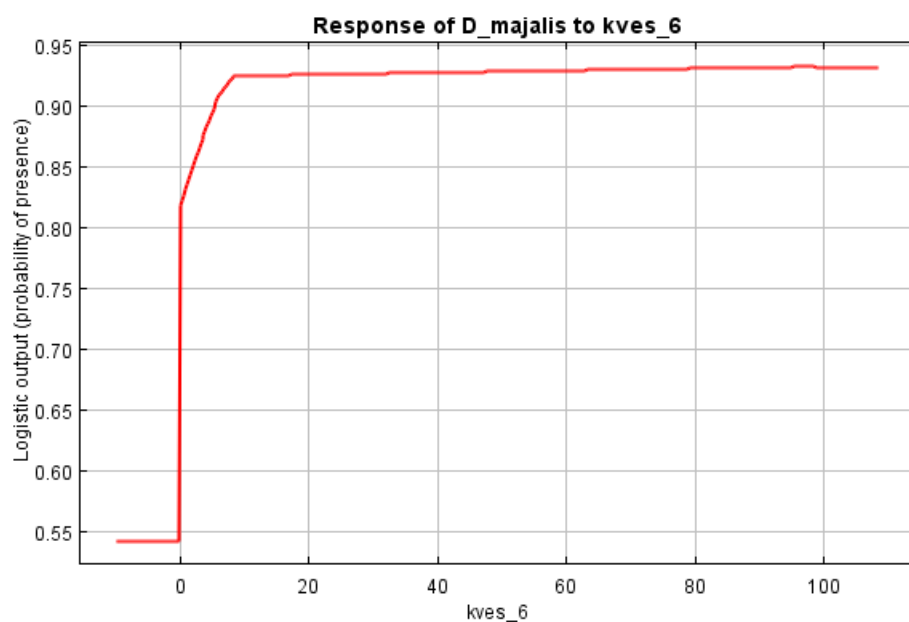
Na obrázku 11 je ukázán příspěvek jednotlivých zkoumaných faktorů k výskytu druhu. Graf jackknife zde vykazuje velkou důležitost KVESu 6, což jsou mezofilní louky. Tato proměnná tedy poskytuje nejvíce informací a je pro analýzu nejvíce užitečná. Velký vliv je také vidět u heterogenity prostředí, kterou na tomto grafu můžete nalézt pod proměnnou

kves_var. Nakonec vidíme, že na výskyt druhu *D. majalis* má vliv také procentuální pokryvnost orné půdy v okolí lokality.



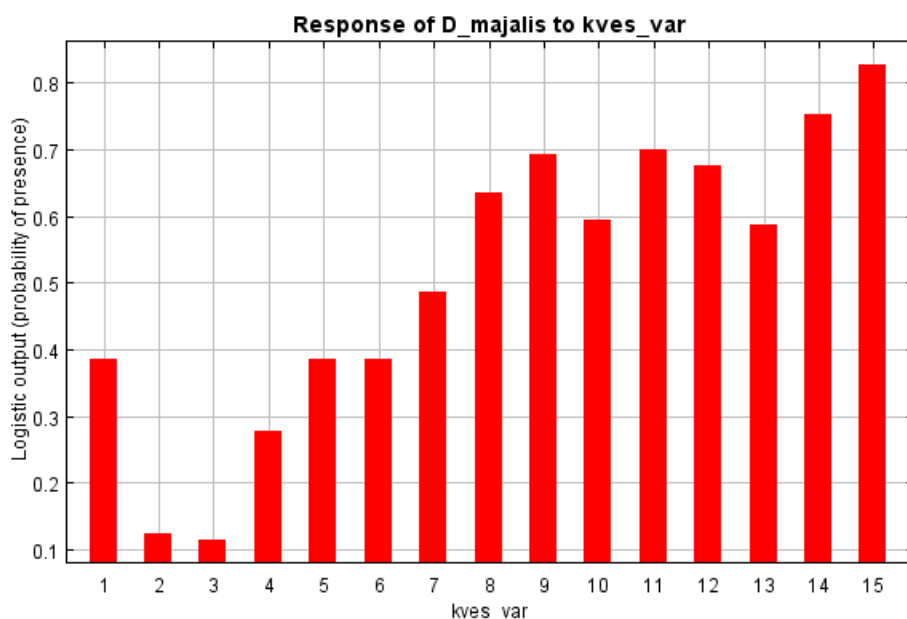
Obrázek 11: Jackknife (2) - *D. majalis*

Když se blíže podíváme na grafy vlivu jednotlivých proměnných, jež popisují vztah distribuce druhu ke zkoumané proměnné, můžeme zjistit užší vztah mezi nimi. Na obrázku 12 můžeme vidět vliv zastoupení mezofilních luk. Zde vidíme, že čím je ve čtverci 500×500 m více mezofilních luk, tím větší je pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu.



Obrázek 12: KVES 6 - *D. majalis*

Graf, který zkoumá vliv heterogenity prostředí na výskyt sledovaného druhu, poskytuje mnoho důležitých informací o preferencích daného druhu. Na obrázku číslo 13 můžeme vidět, že druh výrazně preferuje území, které je tvořeno velkým množstvím malých biotopů. Je zde patrný rostoucí trend s největší pravděpodobností výskytu druhu na území s velkým množstvím malých plošek habitatů. Můžeme tedy říci, že druh preferuje rozrůzněnou krajinu, kde se střídají různé habitaty, jež zde odpovídají jednotlivým KVESům.

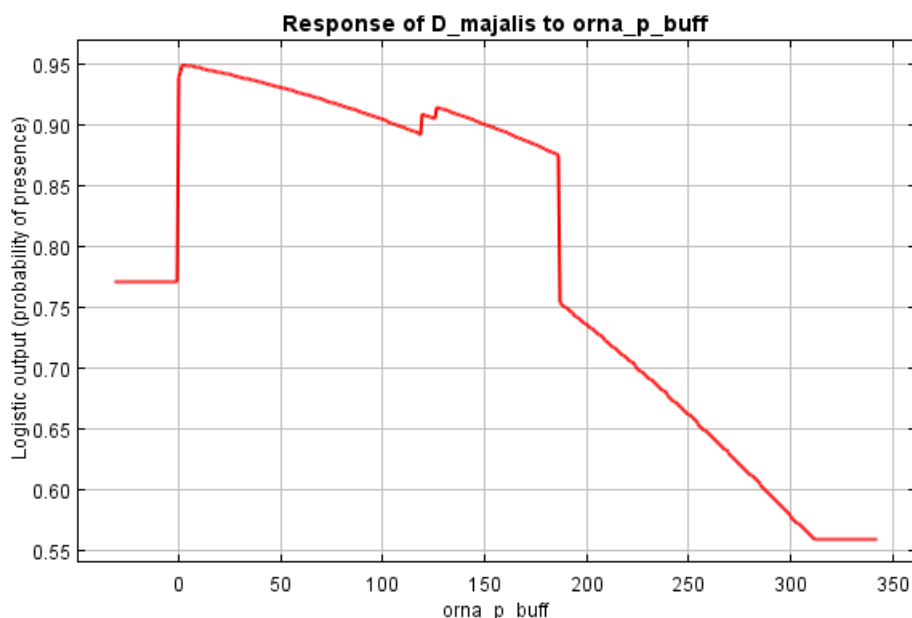


Obrázek 13: Heterogenita prostředí - *D. majalis*

V dalším grafu, jež zkoumá vliv množství orné půdy v okolí nálezové lokality, také můžeme najít určitý trend. Na obrázku 14 se nachází odpověď na příčinu zániku některých lokalit a tedy údaj, že čím více se nachází v okolí vhodné lokality orné půdy, tím je pravděpodobnost výskytu zkoumaného druhu menší. Jak již bylo řečeno, *D. majalis* je velmi citlivá na eutrofizaci a splachy z polí jí škodí, protože obsahují velké množství dusíkatých a fosforečných hnojiv. Určité ostré hrany na grafu jsou důsledkem výjimek, protože program MaxEnt při vytváření grafů spojuje body a neprokládá je pouze přímkou trendu. Přesto je zde jasně vidět, že tento zkoumaný druh preferuje území, kde se vyskytuje co nejméně orné půdy v okolí.

Na dalším grafu pak můžeme vidět odpověď zkoumaného druhu na proměnnou KVES (viz tabulka v příloze E). Na tomto obrázku (č. 15) se pod jednotlivými čísly skrývají určité typy biotopů a na základě výšky jednotlivých sloupců a jejich kódového označení můžeme určit, ve kterých biotopech se sledovaný druh vyskytuje. Vidíme zde, že druh se vyskytuje na území KVES 4 a KVES 6, což jsou aluviální a vlhké louky a mezofilní louky, dále na území

KVES 18, které odpovídá vegetaci stojatých vod a KVES 19, které odpovídá mokřadům a pobřežní vegetaci. Všechny tyto lokality jsou vlhké, což odpovídá preferencím zkoumaného druhu, jak je známe z literatury. Dále se podle této analýzy vyskytuje také na území 33, které značí městské zelené plochy, okrasné zahrady, parky, hřbitovy.

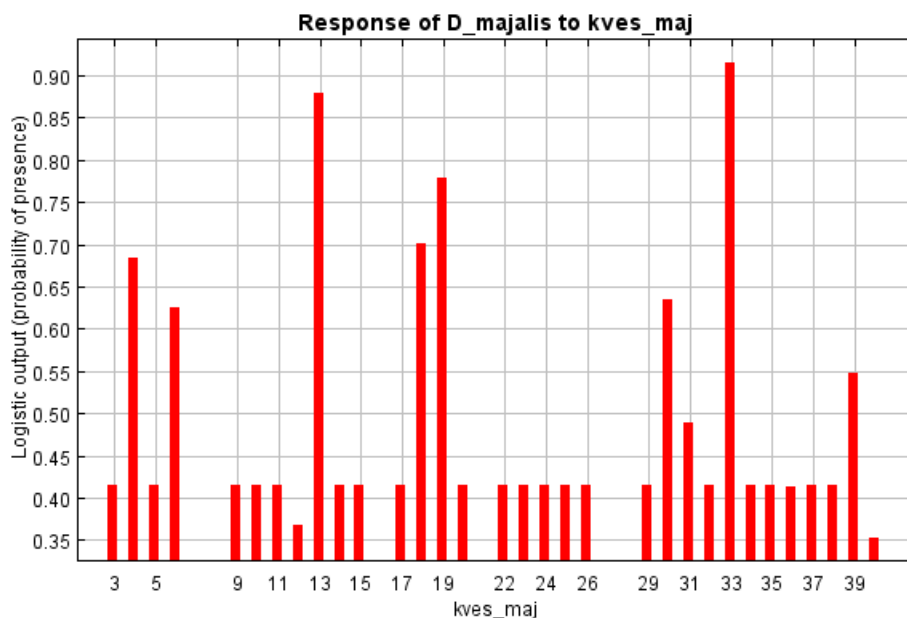


Obrázek 14: Orná půda - *D. majalis*

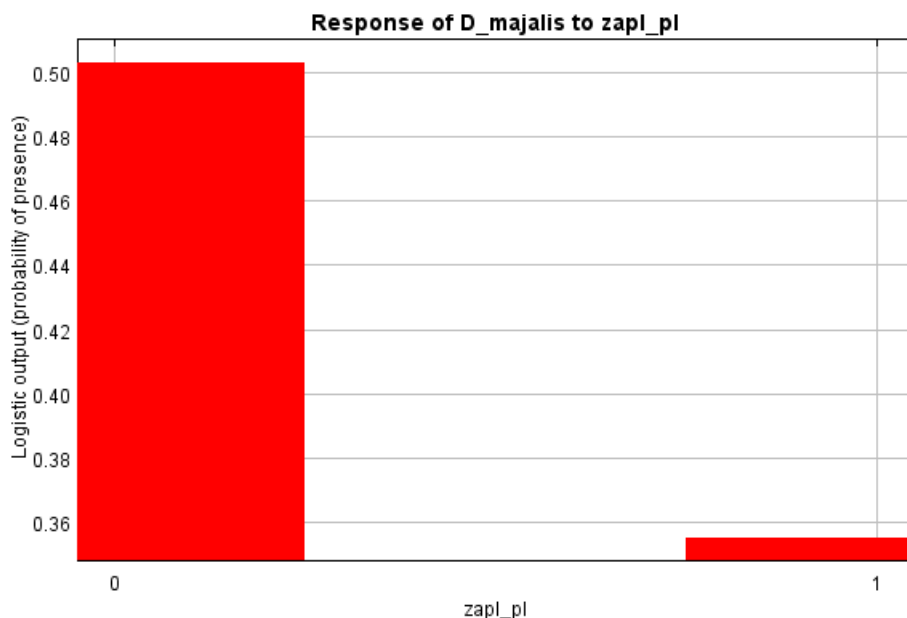
Tento výskyt je zapříčiněn nálezy ve vlhčích částech parků či zahrad, které jsou často mimo hlavní cesty návštěvníků. Osobně jsem toho byla svědkem při sběru dat. Pod číslem 39 se pak skrývají hospodářské louky. Výskyt na tomto území je možný, protože často díky shodě náhod nebo i za pomoci dotací se mohou hospodářské louky stát prospěšnými pro výskyt orchidejí, když je dodržován správný management. Bohužel se zde vyskytují i určité nesrovnalosti v podobě nálezů na KVESu 13, který náleží suchým borům. Je to možná způsobeno nálezem druhu u lesních cest nebo v blízkosti hranice lesa, která byla bohužel při mapování již označena za les. Avšak díky tomu můžeme nalézt i negativní stránky použití MaxEntu pro predikci výskytu orchidejí, protože díky tomu víme, že existují mezery v mapování či analyzování takového typu dat, které pak tyto chyby způsobují. Nakonec pod číslem 30 nalezneme smíšené lesy, kde je výskyt druhu možný na mýtinách.

Na obrázku 16 můžeme vidět hodnocení, zda se druh vyskytuje v zaplavovaných územích. Tato proměnná nemá dle grafu jackknife pro výskyt druhu velký vliv, ale když se podíváme na graf samotný, zjistíme, že predikce vytvořená v analýze MaxEnt odpovídá očekáváním. V tomto binárním grafu můžeme vidět dvě proměnné, pod hodnotou 1 se nachází podmáčená, periodicky zaplavovaná území v říční nivě. Pod hodnotou 0 se naopak

nachází nezaplavovaná území. Dle výsledku grafu vidíme, že sledovaný druh preferuje nezaplavovaná území, což odpovídá tomu, co je o druhu známo z literatury. Tento druh, ač preferující vlhká území, nebývá nalezen v nivách.



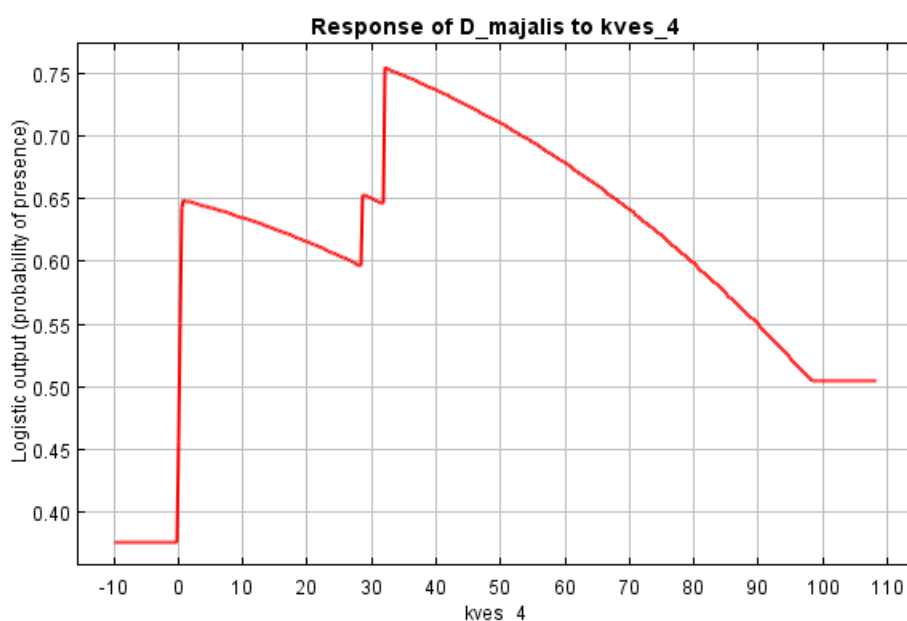
Obrázek 15: KVES - *D. majalis*



Obrázek 16: Zaplavovaná území - *D. majalis*

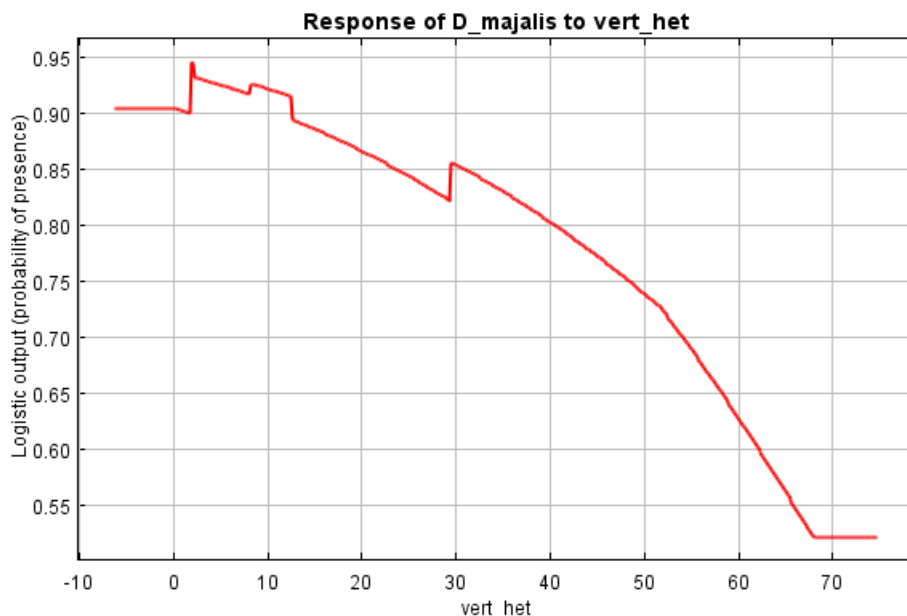
V následujícím grafu byl analyzován vliv přítomnosti aluviálních a vlhkých luk v okolí nálezových lokalit sledovaného druhu. Na obrázku 17 tedy můžeme vidět velmi rozkolísanou křivku, která ale naznačuje, že větší pravděpodobnost výskytu druhu je v územích, kde se alespoň nějaké vlhké louky v okolí vyskytují. I když bychom očekávali, že se tento druh bude

vyskytovat v územích, kde je vlhkých luk co nejvíce, z našich dat to nevyplývá. Mou domněnkou je, že je to způsobeno vlivem zásahů člověka. Jelikož sledované území se nachází mimo větší chráněná území (na Šumavě žádné nálezy nebyly), tak bylo velmi ovlivněno rukou člověka. Pro hospodaření jsou vlhké louky nevyhovující, protože se do nich propadá zemědělská technika, a tak byly obvykle vysoušeny. Z toho důvodu předpokládám rozkolísanost tohoto grafu, protože území bylo vlivem člověka značně přeměněno a louky vysušeny, a proto byly nálezové lokality občas v blízkosti vlhkých luk a občas nikoli. Přesto je zde patrný vyšší výskyt na lokalitách v okolí vlhkých luk, a proto jsme tuto proměnnou použili i ve finální analýze.



Obrázek 17: KVES 4 - *D. majalis*

Poslední graf, který se týká vlivu vertikální heterogenity na výskyt sledovaného druhu, nebyl použit do závěrečné analýzy z důvodu malé vypovídací hodnoty. Na tomto obrázku č. 18 je patrné, že sledovaný druh preferuje spíše homogennější prostředí z hlediska nadmořských výšek. Čím vyšší je zde hodnota na ose x, tím více různých nadmořských výšek se v daném čtverci vyskytovalo. *D. majalis* preferuje dle tohoto grafu spíše prostředí s malou rozkolísaností nadmořských výšek. Jedná se o luční druh a proto dle této analýzy bývá nacházen spíše na rovinatém území bez výraznějšího terénního zvlnění.



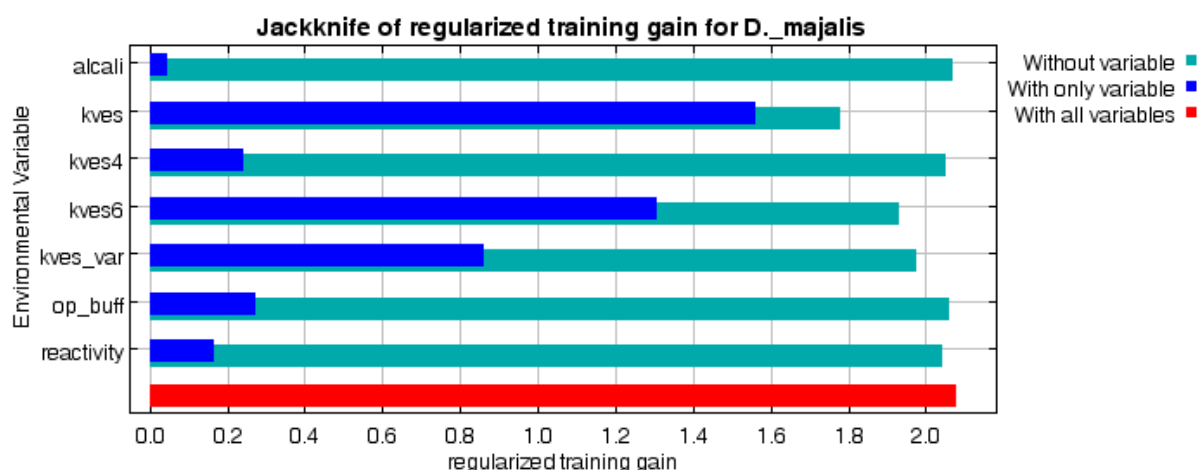
Obrázek 18: Vertikální heterogenita - *D. majalis*

Do závěrečné analýzy v programu MaxEnt byly vybrány pouze ty faktory, které měly podle grafu jackknife vliv na výskyt druhu a dále se vyznačovaly podmínkami, jež odpovídaly znalostem z literatury. Z toho důvodu byl pro finální analýzu vybrán faktor KVES 6, KVES 4, KVES, orná půda v okolí lokality a heterogenita prostředí.

Třetí závěrečná analýza byla zpracována na základě předchozích zkušeností s různými environmentálními proměnnými. Při zpracovávání těchto výsledných proměnných jsme se rozhodli pro jemnější měřítko, které tak umožňuje lepší predikci potenciálního výskytu sledovaného druhu ve zkoumaném území. Rozlišení této výsledné mapy je tedy pro čtverce 50×50 m a umožňuje nám lépe odpovědět na otázku, zda existují možnosti výskytu i na dalších neobjevených lokalitách. V tomto měřítku je totiž snazší podchytit různé změny prostředí na malé vzdálenosti. V předchozích analýzách, které byly prováděny v rozlišení map 500×500 m však bylo hlavním cílem zjistit faktory, které mají na výskyt druhu majoritní vliv. Proto, i z důvodu časové náročnosti na zpracování dat v takto podrobném rozlišení, jaké bylo vytvořeno pro finální analýzu, bylo předchozí měřítko 500×500 m dostačující. V příloze A3 se nachází finální mapa potenciální predikce výskytu sledovaného druhu *D. majalis* v území Jihočeského kraje. Na této poslední mapě predikce, která byla pro sledovaný druh vytvořena, tak můžeme vidět další zpřesnění mapy, která ukazuje nyní již opravdu malé množství oblastí s podmínkami vyhovujícími sledovanému druhu. Tato mapa je tedy přesnější a podrobnější. Můžeme si díky ní odpovědět na třetí otázku položenou na začátku této diplomové práce.

Odpověď na otázku, zda existují možnosti výskytu i na dalších neobjevených lokalitách pro druh *D. majalis*, tedy zní: ano, existují a jedná se převážně o oblasti okolí měst Vyšší Brod, Jistebnice, Blatná, širší okolí NP Šumava, Stachy a ve východním výběžku okolí města Kunžak a na východ od Jindřichova Hradce. Tato predikční mapa tedy může napomoci hledání dalších dosud neobjevených lokalit sledovaného druhu a napomoci tak ochraně této zvláště chráněné rostliny. Predikční mapa samozřejmě jde přiblížit a dá se tak přesně najít GPS souřadnice místa, které chceme navštívit a během návštěvy zjistit jeho podmínky a potenciální přítomnost druhu.

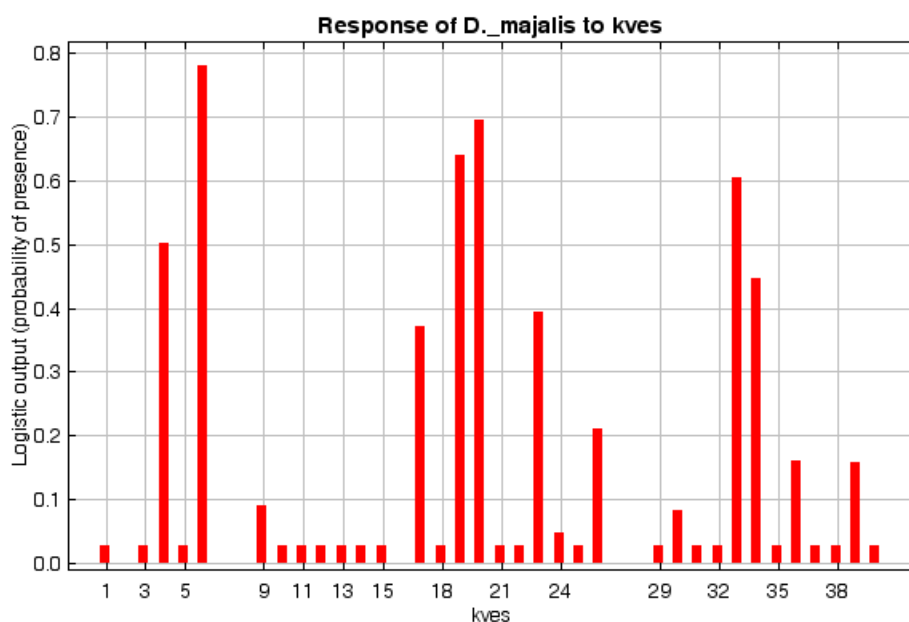
Na grafu jackknife, který se nachází na obrázku číslo 19, pak můžeme zkoumat jednotlivé odpovědi sledovaného druhu k finálním proměnným. Vidíme zde, že odpověď druhu k jednotlivým z nich je ve většině případu vysoká, a tudíž nám potvrzuje správný výběr proměnných. V kapitole 2.4. bylo řečeno, že k finálním proměnným byly přidány dva dosud nezkoumané faktory a těmi je reaktivita a alkalita hornin v podloží lokalit. V tomto grafu můžeme vidět, že nejdůležitější proměnná, pokud by byla použita samostatně, je KVES a stejně tak má KVES i nejvíce informací, jež nejsou obsaženy v ostatních proměnných a tudíž nejnižší kolinearitu. Dalším významným faktorem je KVES 6 a heterogenita prostředí. Nově zkoumané proměnné (alkalita a reaktivita) mají dle této analýzy pro výskyt druhu nejnižší vliv. Domnívám se, že je to dáno nevyhraněností tohoto druhu k různým pH podmínkám v půdě.



Obrázek 19: Jackknife (3) - *D. majalis*

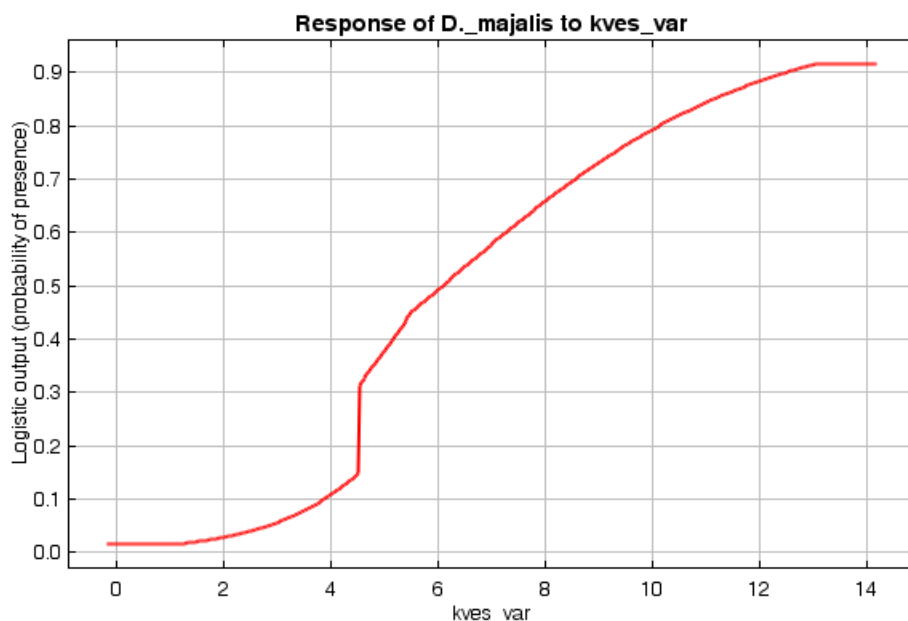
Nejprve se blíže podíváme na vztah sledovaného druhu k faktoru KVES a zjistíme tak, zda se nějak změnila odpověď druhu k různým typům ekosystému po zpřesnění rozlišení. Tento vztah ukazuje obrázek 20. Velmi častý výskyt druhu byl v tomto případě na aluviálních

a vlhkých loukách, mezofilních loukách a dále v různých mokřadech a pobřežní vegetaci, rašeliništích a prameništích či bažinách a močálech. Výskyt byl také zaznamenán v přírodních křovinách a nepůvodních křivínách. Ze zkušenosti z terénního sběru dat se mi i křoviny zdají jako pravdivá predikce, vzhledem k tomu, že jsem druh občas našla i v nich, pokud byly vlhké. Velký výskyt byl zaznamenán i na rekreačních plochách a městských zelených plochách, okrasných zahradách či parcích. Z mého pohledu se opravdu jedná o zpřesnění analýzy, protože většina těchto ekosystémů je skutečně vlhkých a zbytek se týká nelesních biotopů, které jsou sečené (např. park). Vypadly tak suché bory, které byly nesprávně uváděny v předchozích analýzách jako časté, protože došlo ke zmenšení čtverců, na kterých byl výskyt druhu zkoumán.



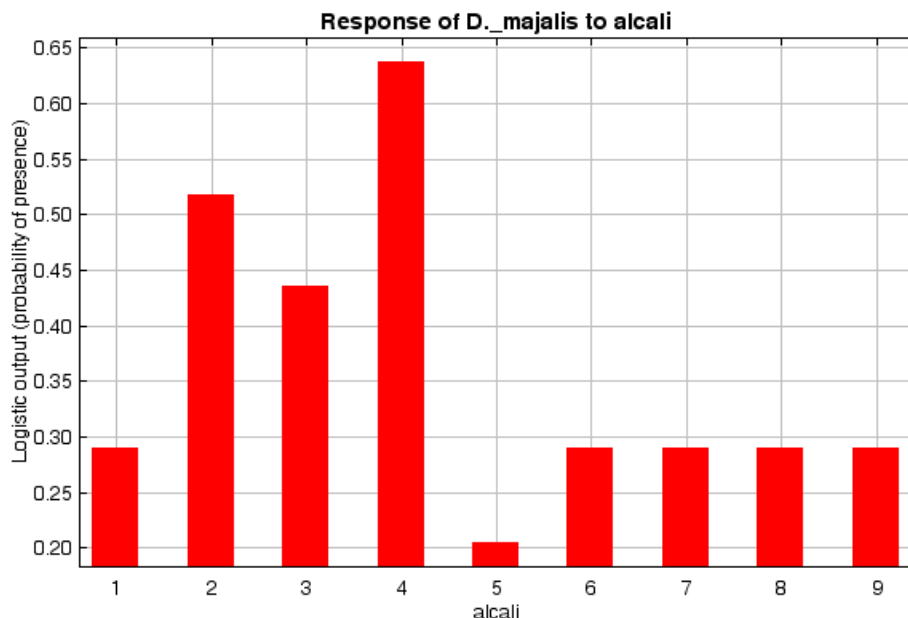
Obrázek 20: KVES (2) - *D. majalis*

Další proměnnou, která má na výskyt druhu zásadní vliv, je heterogenita prostředí. Tento vztah ukazuje obrázek 21. Na tomto grafu můžeme vidět, že stejně jako tomu bylo v předchozí analýze, zpracované pro tento druh, pravděpodobnost výskytu druhu roste s růstem heterogenity prostředí. Tento graf nám tedy říká, že druh preferuje území rozčleněné na větší množství různých malých biotopů a tedy jemnější strukturu krajiny. Můžeme ho tedy častěji nalézt na územích, která nebyla rukou člověka dosud tolik změněna a nedošlo na těchto místech k rozorání mezí a zvětšování zemědělských polí, luk a lesů.



Obrázek 21: Heterogenita prostředí (2) - *D. majalis*

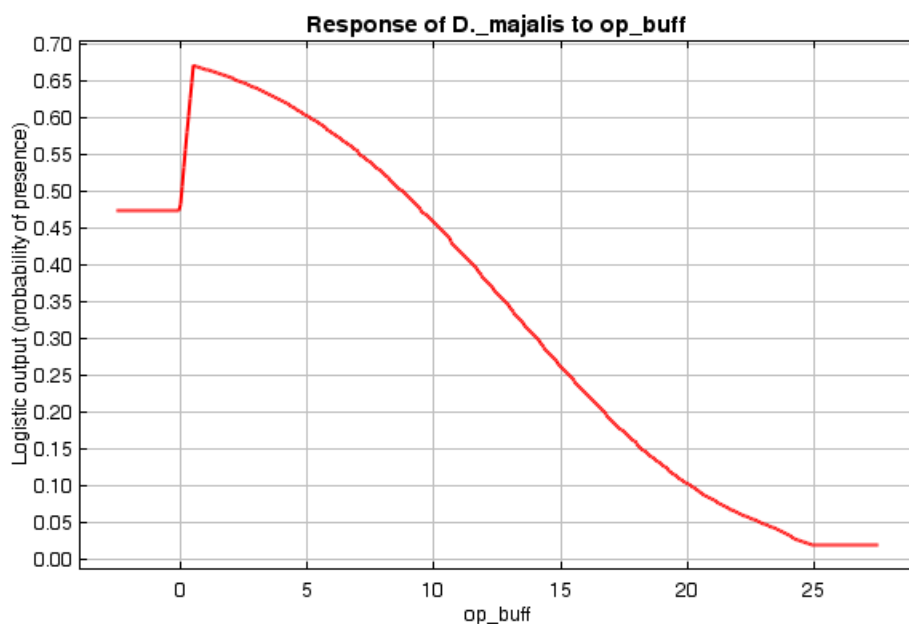
Na obrázku 22 se nachází graf ukazující vztah mezi alkalitou podloží a sledovaným druhem. Tato environmentální proměnná neměla z hlediska grafu jackknife významný vliv, ale přesto stojí za to se blíže podívat na její výsledky. Vidíme zde, že druh se vyskytoval na všech možných typech hornin z hlediska jejich pH, ale častěji byl nacházen na kyselejších půdách. To může být dáno výskytem na vlhkých lokalitách, kde je pH obvykle nižší.



Obrázek 22: Alkalita - *D. majalis*

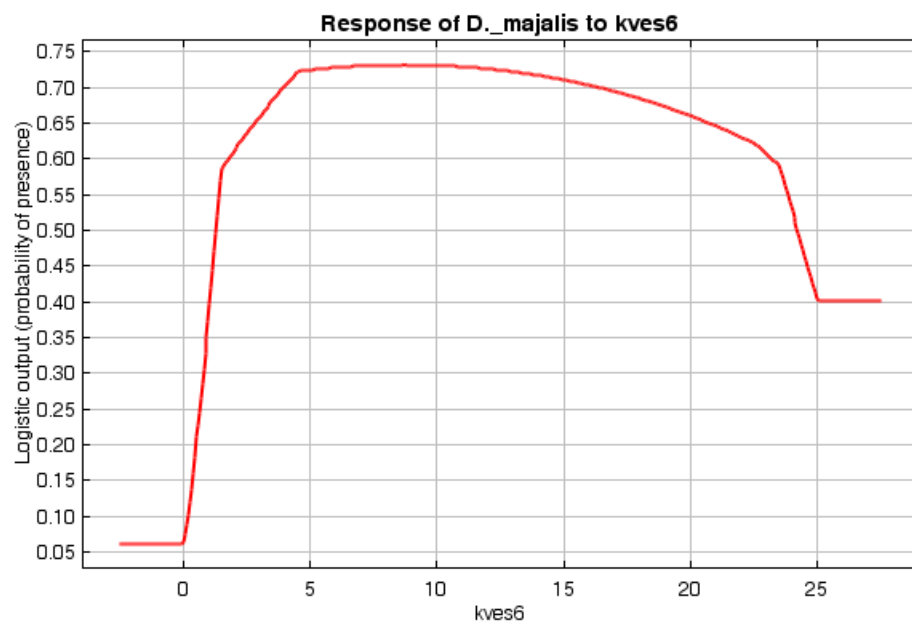
Dalším faktorem, který ovlivňuje výskyt druhu *D. majalis* je množství orné půdy v okolí lokality. V tomto případě bylo zkoumáno okolí lokality v kruhovém obsahu o poloměru pět

čtverců, tedy do 250 m od místa nálezu. Tento vztah ukazuje obrázek č. 23. Zde vidíme, že pravděpodobnost výskytu prudce klesá s rostoucím množstvím orné půdy v okolí. Jak již bylo zmíněno, druh je citlivý na eutrofizaci a špatně snáší dlouhodobé přísuny hnojiv způsobené splachy z polí, a proto může být nalezen s větší pravděpodobností na území, které není eutrofizací ohroženo a leží například mezi loukami a lesy.



Obrázek 23: Orná půda (2) - *D. majalis*

Co se týká KVESu 6, tak ten měl podle grafu jakknive velmi významný vliv. Interpretace závislosti mezi touto proměnnou a sledovaným druhem je však poněkud obtížnější. Na obrázku číslo 24 můžeme vidět, že sledovaný druh měl větší pravděpodobnost výskytu v území, kde se alespoň nějaké mezofilní louky v okolí vyskytovaly. Na tomto grafu však chybí jakákoliv jasně vysvětlitelná křivka růstu či poklesu závislosti. Jelikož program MaxEnt grafy neprokládá žádné křivky trendu, ale pouze spojuje body míst výskytu, tak graf vypadá tímto způsobem. Můžeme tedy usuzovat, že sledovaný druh preferuje území, kde se mezofilní louky vyskytují, protože tyto louky jsou pro něho vhodné, ale nemůžeme říci, že by pravděpodobnost výskytu rostla s růstem množství mezofilních luk. Vzhledem k tomu, že druh nesnáší ve svém okolí ornou půdu, můžeme říci, že dle této analýzy se v okolí nálezové lokality místo ní obvykle nachází v určité míře mezofilní louky.

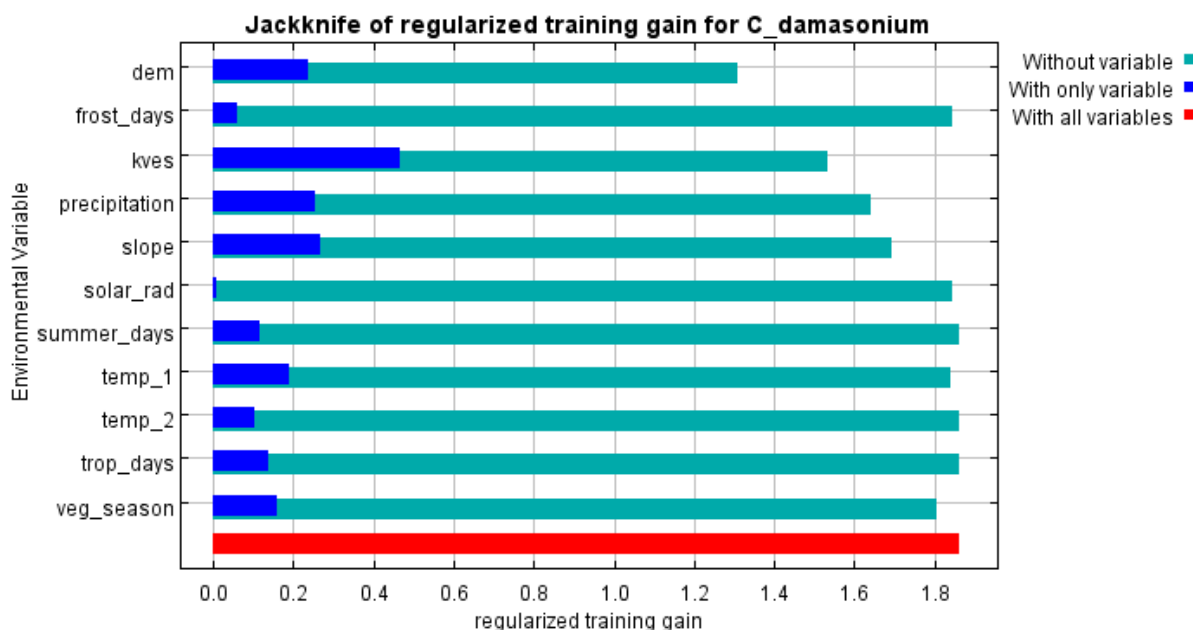


Obrázek 24: KVES 6 (2) - *D. majalis*

3.2.2. *Cephalanthera damasonium*

U první analýzy MaxEnt pro sledovaný druh *Cephalanthera damasonium* narážíme na stejný problém, jaký byl již vysvětlen u předcházejícího druhu - tedy na problematický výběr proměnných, který zapříčinil, že jejich současným použitím v jedné analýze bylo docíleno správnosti predikce pouze pro Jihočeský kraj, nikoliv však pro druh jako takový. Pro připomenutí - jednalo se o mezoklimatické faktory. Z toho důvodu nebyly tyto faktory ani v tomto případě použity pro další analýzy. V příloze B1 se nachází mapa predikce potenciálního výskytu druhu *C. damasonium* ve sledovaném území.

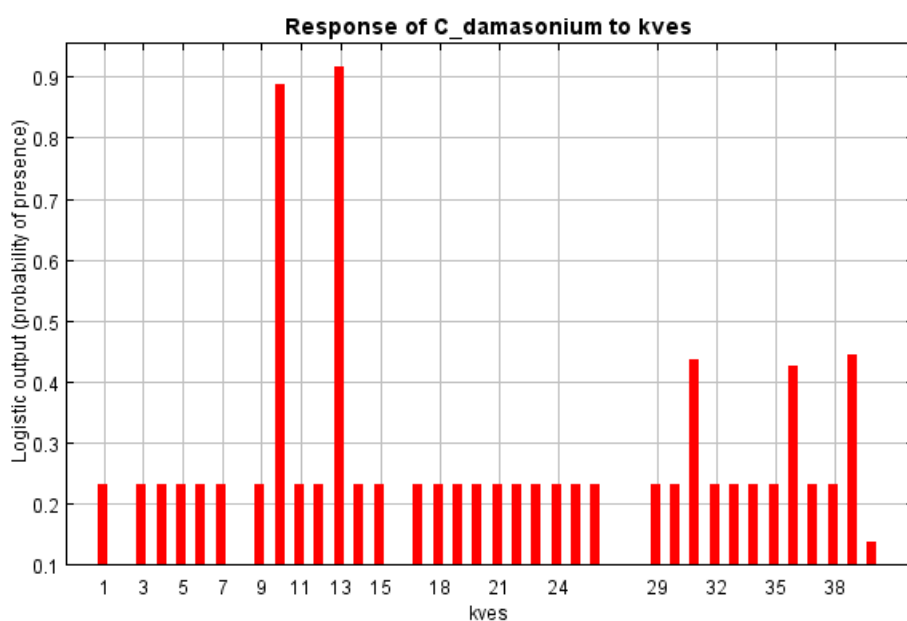
Pokud se podíváme na graf jackknife k tomuto druhu, uvidíme, jakými měrami se jednotlivé proměnné podílely na vzniku predikční mapy. Tento vztah ukazuje obrázek 25. V případě tohoto druhu vidíme, že velmi důležitým faktorem je i zde KVES. Tato proměnná vysvětluje jak největší podíl závislosti sledovaného druhu na environmentálních proměnných, tak má také druhou nejnižší kolinearitu s ostatními a při jejím vynechání by došlo k zanedbání velmi důležitého faktoru. Z toho důvodu byl KVES použit pro další analýzy i v tomto případě a jeho důležitost ukazuje i obrázek 26.



Obrázek 25: Jackknife - *C. damasonium*

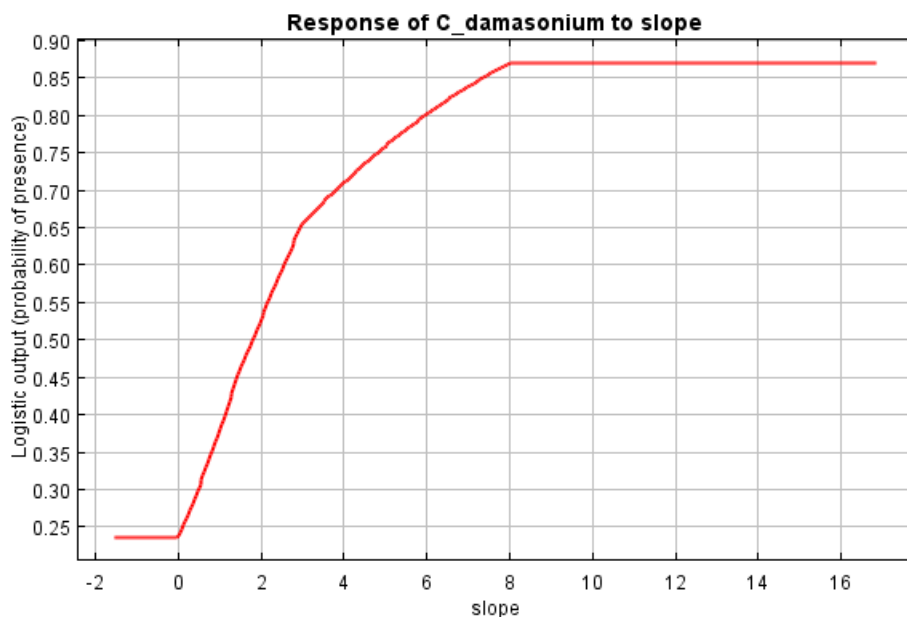
Na obrázku 26, který popisuje souvislost mezi jednotlivými ekosystémy a sledovaným druhem, vidíme, že tento druh se vyskytuje převážně v lesních biotopech. Ekosystém číslo 10 připadá na doubravy a dubohabřiny, které jsou i podle literatury ideálním biotopem pro sledovaný druh. Číslo 13 poté odpovídá suchým borům. Jelikož se jedná převážně o lesní

druh, tak tato predikce je správná. *C. damasonium*, narozdíl od *D. majalis*, nepreferuje vlhké lokality, a proto může být nalezena i v sušších lesích. Další tři lokality, na kterých se druh podle MaxEntu vyskytoval, již nejsou tak významné a jedná se o hospodářské lesy jehličnaté, nesouvislou městskou zástavbu a hospodářské louky. Výskyt v nesouvislé městské zástavbě je poněkud matoucí, ale pokud se jedná například o vesnické prostředí s malými lesními remízky, je i toto možné. Výskyt na hospodářských lukách si pak vysvětlují buď blízkostí nálezové lokality s uvedenou loukou či nepřesnou lokalizací.

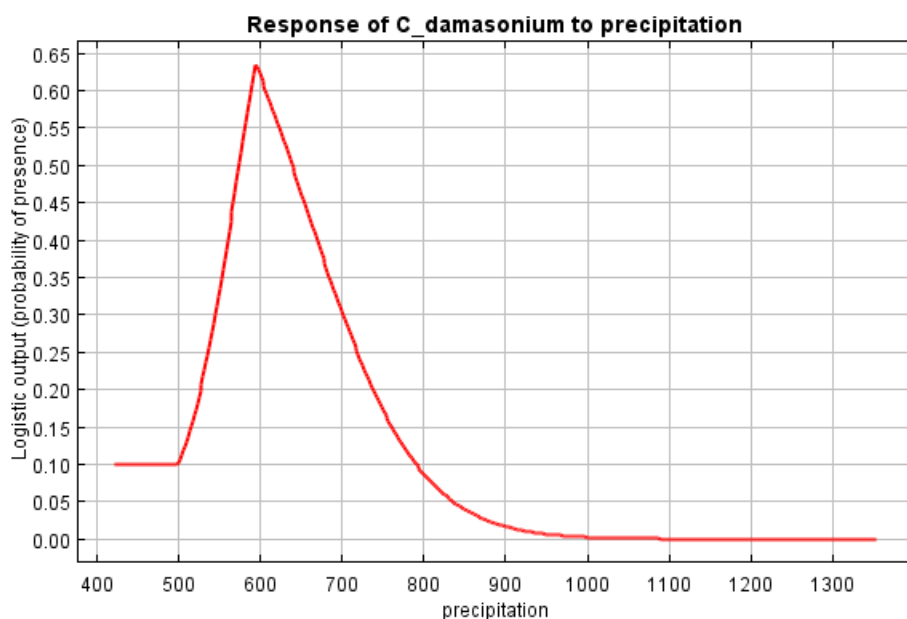


Obrázek 26: KVES - *C. damasonium*

Další proměnnou, jež má dle grafu jackknife význam pro tento druh, je sklonitost, jež se zde skrývá pod proměnnou "slope". Tato proměnná má hned pro KVES největší vztah k výskytu sledovaného druhu. Podrobněji se můžeme podívat na její vztah k tomuto druhu orchideje na obrázku 27. Zde vidíme, že sledovaný druh upřednostňuje spíše území, které neleží na rovině, ale naopak leží na mírném svahu. Tedy zde vidíme, že pravděpodobnost výskytu je výrazně nižší na málo sklonitém území než na území s určitým mírným sklonem. Dá se tedy předpokládat, že větší pravděpodobnost nálezu tohoto druhu bude na území, které je nějakým způsobem zvlněné kopci či údolími.



Obrázek 27: Sklonitost - *C. damasonium*

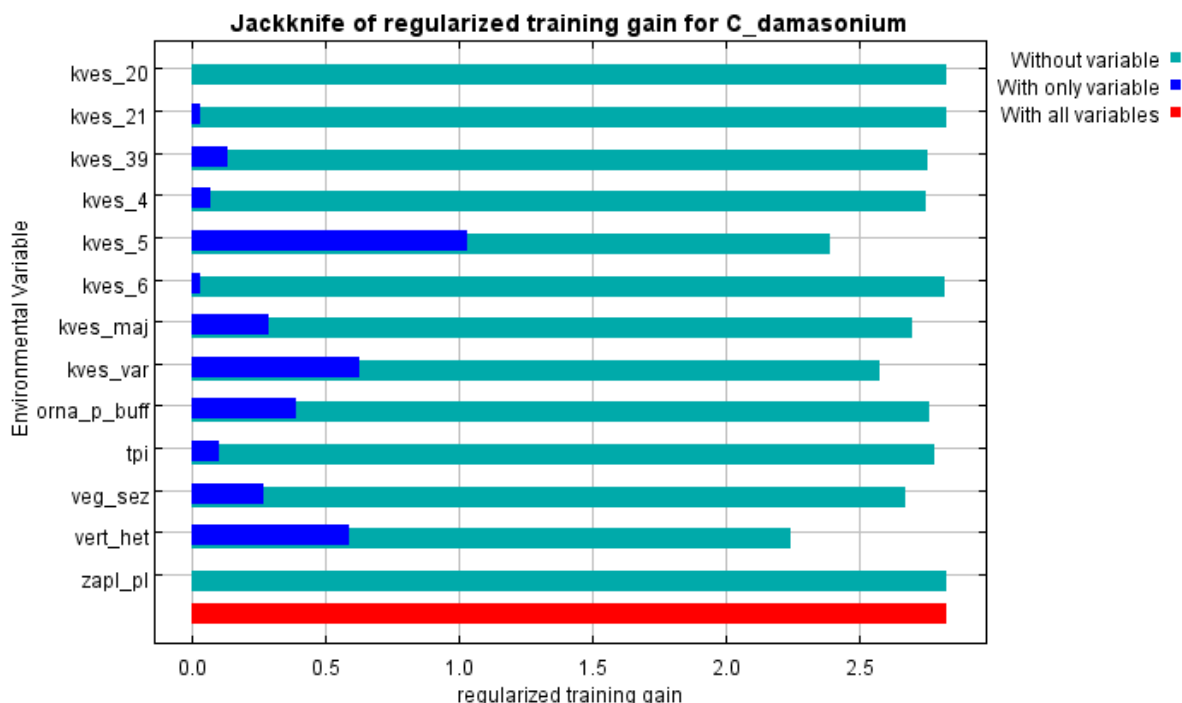


Obrázek 28: Průměrný roční úhrn srážek - *C. damasonium*

Z ostatních proměnných, které mají pro sledovaný druh významnější vliv, jmenujme dále průměrný roční úhrn srážek. U této proměnné však také narážíme na zmiňovaný problém daný umístěním Jihočeského kraje v rámci republiky. Na obrázku 28, který popisuje vztah mezi sledovaným druhem a průměrným ročním úhrnem srážek, tak můžeme vidět, že druh preferuje území s úhrnem srážek okolo 600 mm za rok. Tato proměnná relativně vypadá jako užitečná, ale tím, že nasbíraná data pochází pouze z jednoho kraje a nikoliv z celé republiky,

nemohou být brána jako relevantní pro druh jako takový. Proto na tomto příkladu jen ukazují důvod, proč nebyly použity mezoklimatické faktory (ve většině případů) pro další analýzy. Úhrn 600 mm je, jak již bylo řečeno, typický pro Jihočeský kraj, nikoli však významný pro sledovaný druh.

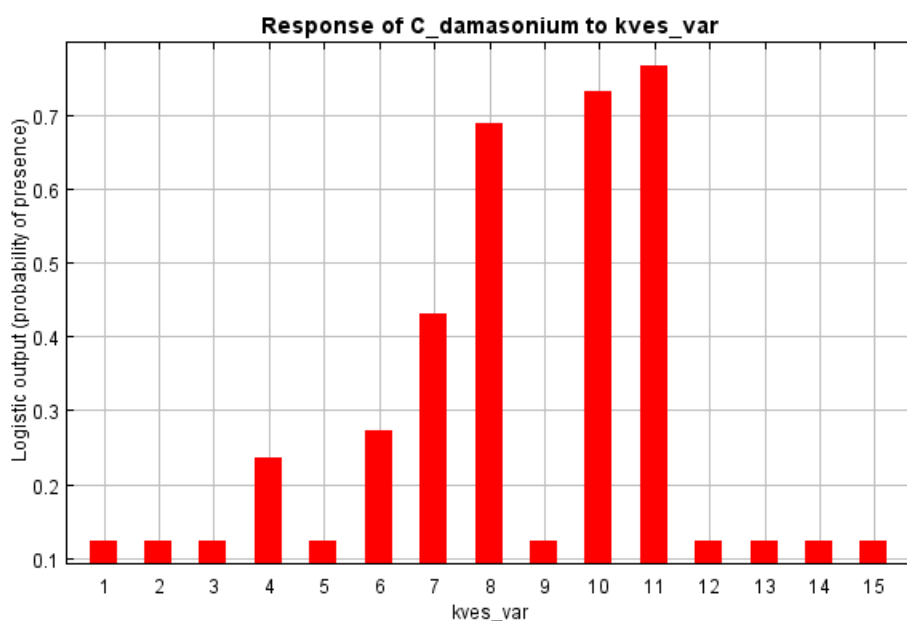
Přejdeme tedy ke druhé analýze vytvořené v programu MaxEnt. Tato analýza již byla vytvářena na základě poučení z předchozí analýzy a byly pro ni vybrány faktory, jež se vyskytují nezávisle na zeměpisné šířce a mohly by mít pro výskyt sledovaných druhů význam. V příloze B2 se nachází mapa predikce potenciálního výskytu druhu *C. damasonium* vytvořená na základě druhé analýzy. Jak je vidět, množství potenciálně vhodných lokalit se snížilo, jelikož se zde již nepohybujeme v obecných proměnných, ale je zkoumán vztah mnohem více specifických faktorů. Pokud se ale podíváme na obě predikční mapy detailněji, uvidíme, že druhá analýza pouze upřesnila tu první. Díky tomu víme, že ani první analýza nebyla úplně nesprávná, ale pouze nebyla dostatečně přesná. V druhé analýze jsme tak schopni podchytit specifické nároky sledovaného druhu a docílit přesnější predikce potenciálního výskytu a zároveň zkoumat vliv dalších environmentálních proměnných.



Obrázek 29: Jackknife (2) - *C. damasonium*

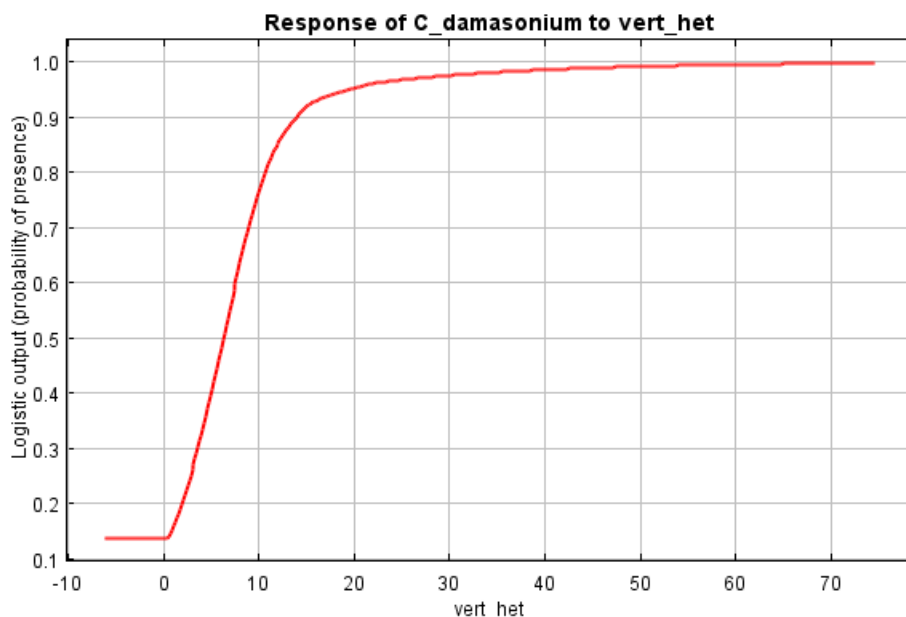
Na obrázku 29 se nachází již známý graf jackknife, který popisuje význam jednotlivých proměnných pro výskyt sledovaného druhu. Zde vidíme, že nejvíce užitečné informace dává sama o sobě proměnná KVES 5, heterogenita prostředí (kves_var) nebo také vertikální heterogenita, jež jsou znázorněny délkou tmavě modré čáry. Naopak nejvíce informací, které nejsou obsažené v jiných proměnných, poskytuje proměnná vertikální heterogenita.

Nejprve se blíže podíváme na vztah heterogenity prostředí k výskytu sledovaného druhu. Tuto závislost ukazuje obrázek 30. Na tomto grafu vidíme, že pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu na lokalitě se zvyšuje se zvyšující se heterogenitou prostředí. Můžeme tedy říci, že druh preferuje území rozčleněné na malé biotopy raději než velké plochy zabrané pouze jedním biotopem. Propady na grafu jsou pravděpodobně způsobeny nedostatkem nálezových dat z těchto oblastí. I přesto můžeme usuzovat na preferenci rozrůzněného prostředí, které má pro výskyt tohoto druhu velký význam, jak vyplývá z předchozího grafu jackknife.



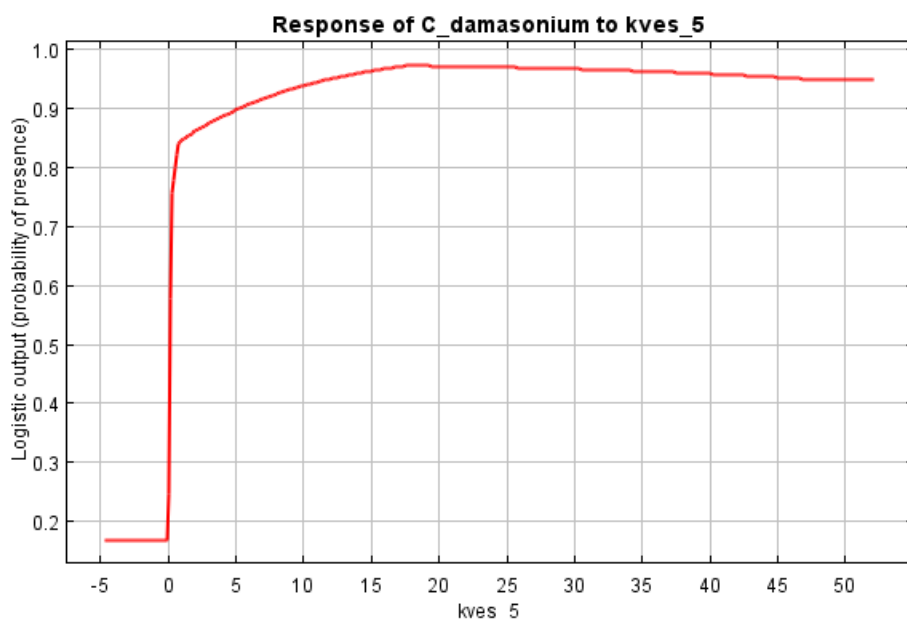
Obrázek 30: Heterogenita prostředí - *C. damasonium*

Následující obrázek 31 popisuje vztah sledovaného druhu k faktoru vertikální heterogenity. Již z první analýzy MaxEnt nám vyplynulo, že tento sledovaný druh preferuje spíše území s větší sklonitostí a v tomto grafu se nám tato preference potvrzuje. Tento graf tedy říká, že sledovaný druh se bude s vyšší pravděpodobností vyskytovat na území, kde se vyskytuje větší rozkolísanost nadmořských výšek - tedy v území s různými svahy, údolíčky a vrcholy. Nebudeme ho tedy nacházet v lesích na úplných rovinách, ale spíše na vertikálně heterogennějším prostředí.



Obrázek 31: Vertikální heterogenita - *C. damasonium*

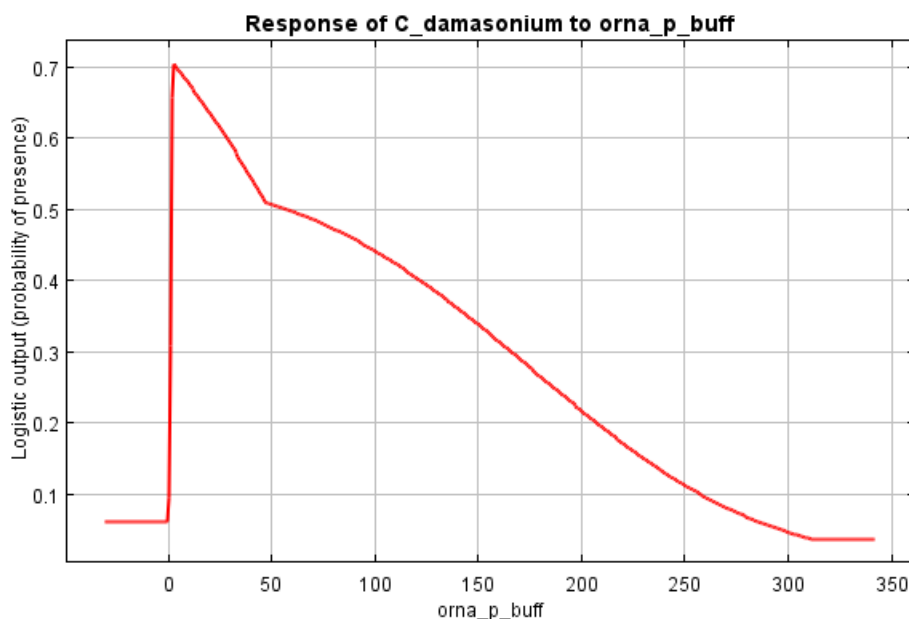
Třetím velmi důležitým faktorem pro výskyt sledovaného druhu je KVES 5, což jsou suché trávníky. Tento vztah popisuje obrázek číslo 32. Na tomto grafu můžeme vidět, že *C. damasonium* preferuje území, ve kterém se vyskytují v okolí suché louky, a na těchto územích má i větší pravděpodobnost výskytu. Když si tento vztah dáme do souvislosti se vztahem, který ukazoval závislost mezi heterogenitou prostředí a sledovaným druhem, můžeme říci, že tento druh preferuje území, které je rozčleněné na malé plošky habitatů, a kde převažují malé lesy, ve kterých se sledovaný druh vyskytuje, obklopené suchými loukami. Ze zkušenosti z



Obrázek 32: KVES 5 - *C. damasonium*

terénního sběru dat pak opravdu můžeme tento vztah potvrdit.

Mezi další významné faktory pro výskyt tohoto druhu bezesporu patří vztah mezi množstvím orné půdy v okolí lokality a výskytem sledovaného druhu. Na obrázku 33 můžeme tento vztah blíže pochopit. Vidíme zde, že největší pravděpodobnost výskytu je v území, kde není v okolí žádná orná půda a s přibývajícím množstvím orné půdy pravděpodobnost výskytu poměrně strmě klesá.



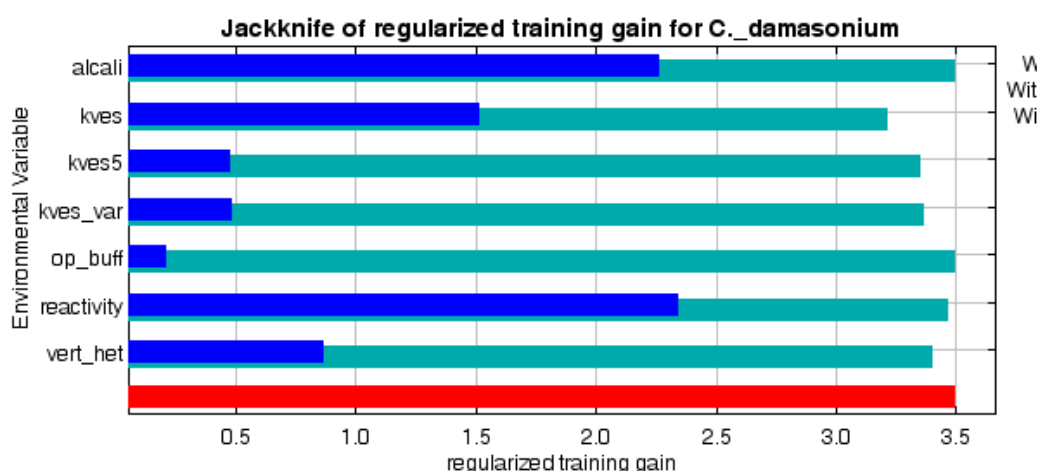
Obrázek 33: Orná půda - *C. damasonium*

Pro finální analýzu tedy byly vybrány následující environmentální proměnné: KVES 5, heterogenita prostředí, vertikální heterogenita, množství orné půdy v okolí a KVES.

Třetí závěrečná analýza byla pro tento druh taktéž vytvořena v jemnějším rozlišení výsledných map. Závislosti a predikce byly počítány pro čtverce 50×50 m a došlo tak k výraznému zpřesnění analýzy, jak již bylo vysvětleno u předchozího druhu *D. majalis*. Finální mapu potenciální predikce výskytu druhu *C. damasonium* ukazuje příloha B3. Můžeme zde vidět, že díky jemnějšímu rozlišení mapa ukazuje predikční čtverce mnohem podrobněji a červeno-oranžové barvy značící vysokou pravděpodobnost výskytu se již hůře hledají. Přesto tu taková místa jsou a do budoucna by jistě stálo za to je navštívit a zjistit, zda se na nich daný druh vyskytuje. Pokud by se podařilo najít nové lokality výskytu, bylo by možné druh lépe chránit a například za pomoci založení určité mikro-chráněné oblasti na místě jejich hojného výskytu napomoci lepší ochraně druhu do budoucna. Orchideje jsou náchylné často i na malé změny prostředí, a proto jistě stojí za to o jejich ochranu usilovat.

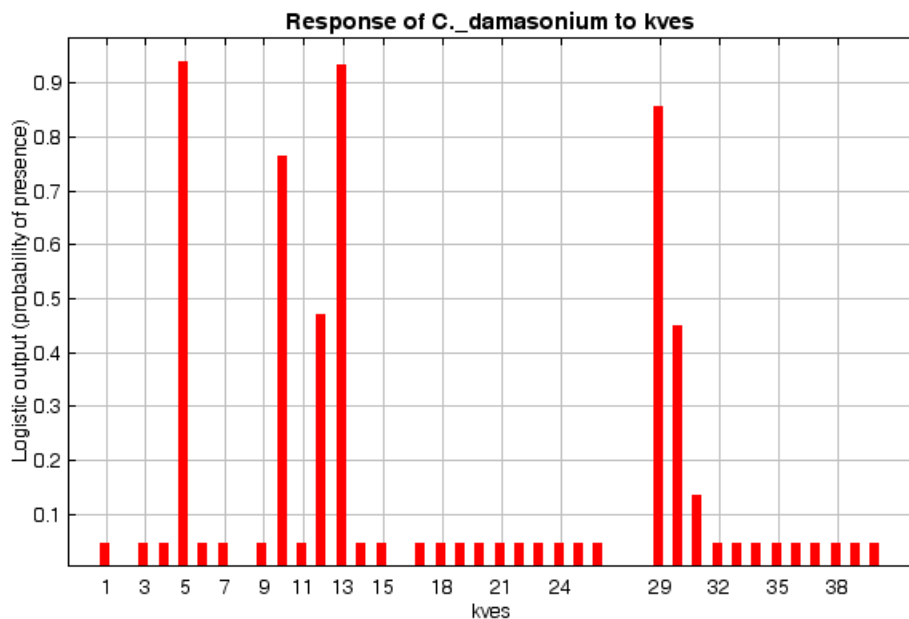
Odpověď na otázku, zda existují možnosti výskytu i na dalších neobjevených lokalitách tedy zní: ano, existují. Jedná se hlavně o oblast severu Jihočeského kraje, kde se nachází dvě vhodné oblasti. První leží asi 8 km na sever od Milevska a druhá na západním břehu vodní nádrže Orlík. Další vhodné oblasti leží v okolí Strakonice a Českého Krumlova. Do budoucna by tyto lokality mohly být navštíveny a mohly by tak snad být objeveny nové lokality výskytu těchto vzácných orchidejí.

Na grafu jackknife se nachází jednotlivé odpovědi sledovaného druhu na zkoumané finální faktory, ke kterým byly přidány faktory alkality a reaktivity hornin. Tento graf se nachází na obrázku č. 34. Vidíme zde, že velmi důležitou roli hrají v tomto případě alkalita a reaktivita hornin, které mají velký význam samy o sobě. Co se týče environmentální proměnné, která by nejvíce snížila zisk, pokud by byla vynechána, tak tou je v tomto případě KVES. Důležitou roli ve vztahu tohoto druhu k faktorům prostředí tak hraje také KVES a vertikální heterogenita. Minoritní roli pak množství orné půdy v okolí.



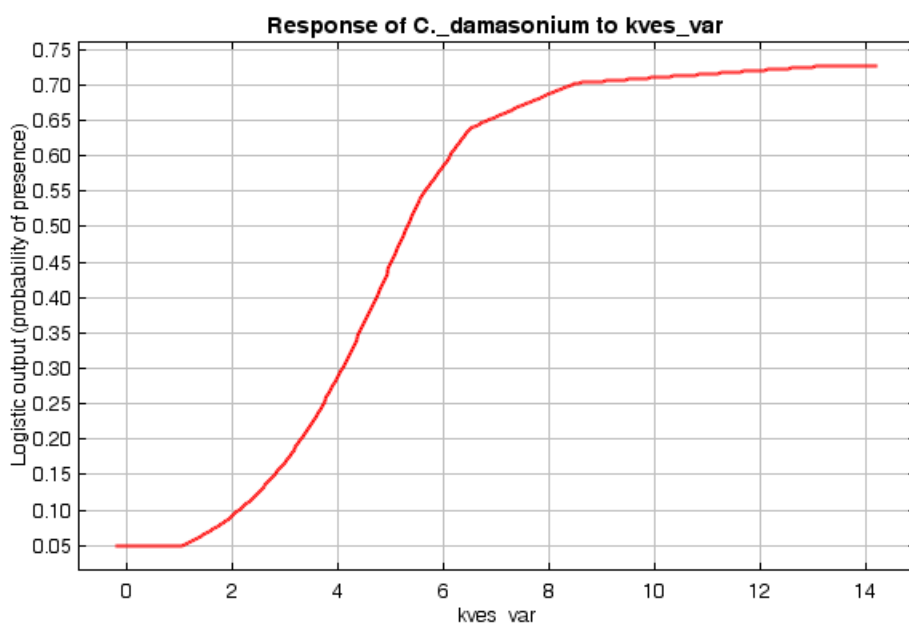
Obrázek 34: Jackknife (3) - *C. damasonium*

Nejprve se blíže podíváme na faktor KVES (viz příloha E), který ukazuje, na jakých ekosystémech se sledovaný druh nachází. Tento vztah se nachází na obrázku 35. V tomto případě se druh nejčastěji vyskytoval v šesti typech ekosystémů a jimi jsou doubravy a dubohabřiny, bučiny, suché bory, hospodářské lesy listnaté a smíšené a suché trávníky. Jedná se převážně o lesní druh a tak většina predikce je skutečně taková, jakou bychom ji očekávali. Pouze suché trávníky jsou výjimkou. Dle mého názoru se jistě jedná o zpřesnění analýzy, protože přibýly další vhodné biotopy z hlediska lesů a ubyly chybné predikce z hlediska různých luk a nesouvislé městské zástavby, jež se objevovala dříve.



Obrázek 35: KVES (2) - *C. damasonium*

Dalším zkoumaným faktorem byla heterogenita prostředí. Tento faktor značí kolik různých ekosystémů se ve zkoumané oblasti nachází a zda například dominuje pouze jeden až dva, či je oblast rozčleněna na spoustu menších různých ekosystémů. Vztah této závislosti ukazuje obrázek 36. Vidíme zde, že pravděpodobnost výskytu roste s rostoucí heterogenitou

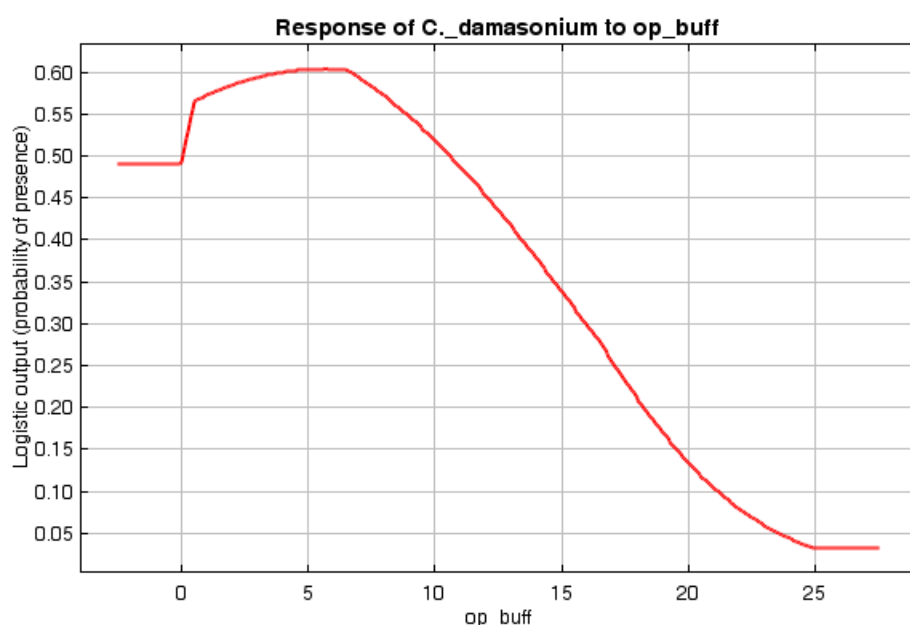


Obrázek 36: Heterogenita prostředí (2) - *C. damasonium*

prostředí. Největší pravděpodobnost výskytu je tak v území, které má jemnou strukturu krajiny a je rozčleněno na velký počet menších ekosystémů, které se liší svými vlastnostmi. Je

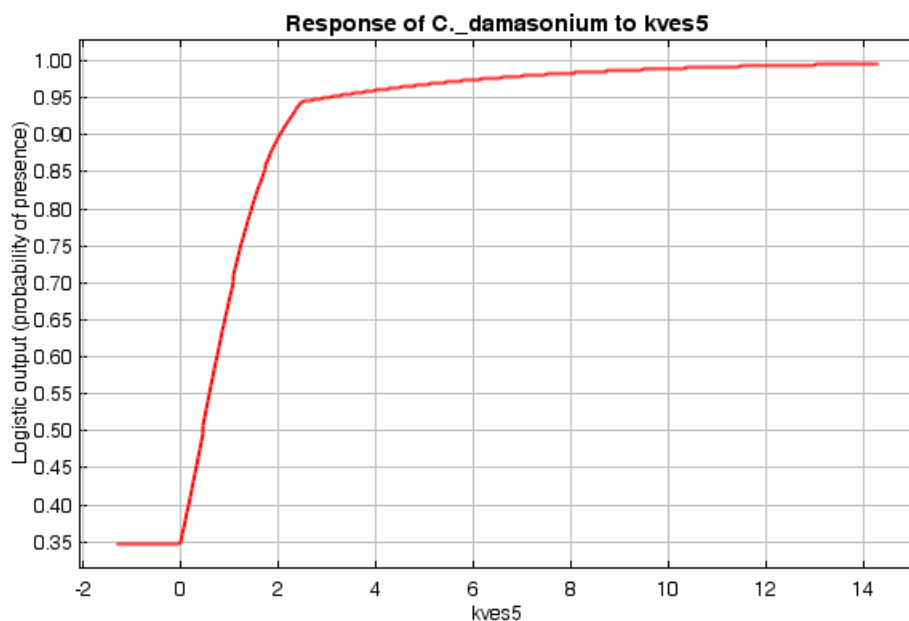
tak obvyklejší druh najít v takovýchto oblastech, než v oblastech, kterým dominuje zemědělská aktivita.

Dalším zkoumaným faktorem bylo množství orné půdy v okolí lokality v kruhovém obsahu o poloměru pět čtverců, tedy 250 m od místa nálezu či potenciálního nálezu zkoumaného druhu. Tento vztah ukazuje obrázek 37. Na tomto grafu můžeme vidět že pravděpodobnost výskytu je největší na území, kde je co nejnižší množství orné půdy v okolí. S přibývajícím ornou půdou pak pravděpodobnost výskytu klesá. Druh tedy častěji nalezneme v území bez orné půdy než v zemědělské krajině.



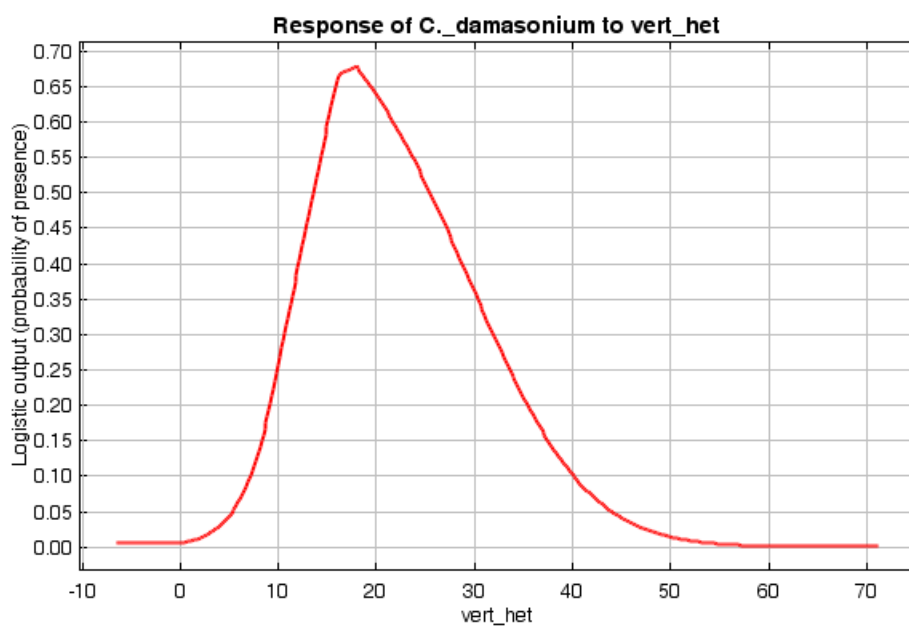
Obrázek 37: Orná půda (2) - *C. damasonium*

Dalším zkoumaným faktorem byl KVES 5. Tento faktor popisuje vztah množství suchých trávníků v okolí nálezové lokality k výskytu druhu. Graf k tomuto vztahu se nachází na obrázku 38. Zde vidíme, že větší pravděpodobnost výskytu je na lokalitách, kde se v okolí nachází větší množství suchých trávníků. Tento vztah jsem již vysvětlovala v předchozí analýze a stále se domnívám, že to odkazuje na území, kde je jemnější struktura krajiny a kde se v okolí lesních lokalit s výskytem sledovaného druhu, nachází množství lučních porostů. Ty tak vylučují přítomnost orné půdy v okolí a vztah je kompletní.



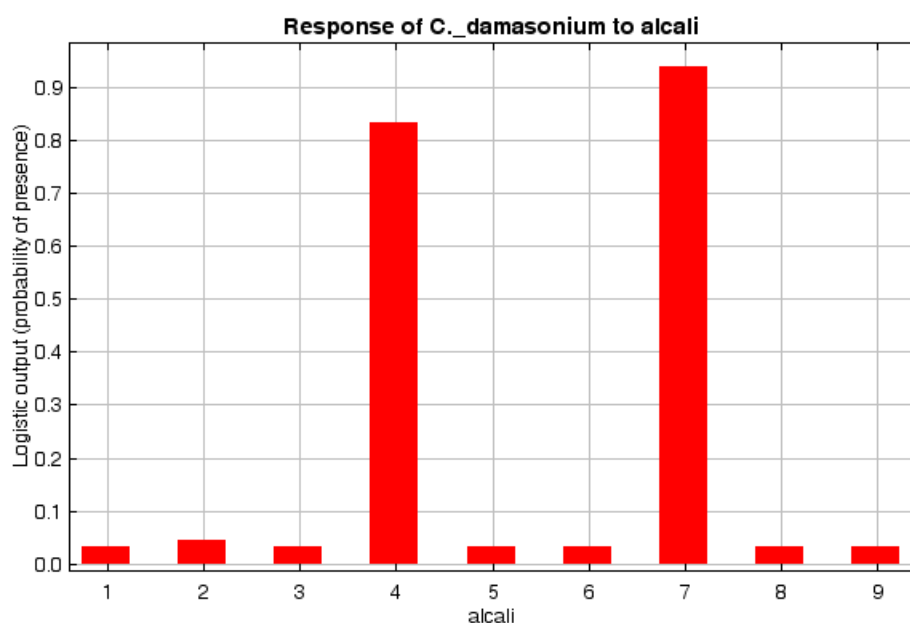
Obrázek 38: KVES 5 (2) - *C. damasonium*

Faktorem, který měl v předchozích analýzách na výskyt druhu vliv, byla dále vertikální heterogenita území. Vztah tohoto faktoru ke sledovanému druhu ukazuje obrázek 39. Vertikální heterogenita odkazuje na střídání různých nadmořských výšek a jedná se o směrodatnou odchylku nadmořských výšek v okolí lokality o poloměru 250m. Na tomto grafu tak můžeme vidět, že druh preferuje území, které je vertikálně rozrůzněné, ale nesmí to být příliš mnoho. Z tohoto grafu vyplývá, že ideální vertikální heterogenita je asi 18 m.



Obrázek 39: Vertikální heterogenita (2) - *C. damasonium*

Faktor alkality hornin měl u tohoto druhu velmi významný vliv na výskyt. Tento druh je znám svou preferencí bazických půd. Vztah alkality a sledovaného druhu ukazuje obrázek 40. Na tomto grafu můžeme vidět, že druh se nejčastěji vyskytoval na půdách, kde se vyskytoval typ horniny označený číslem 7, což odpovídá karbonátovým horninám (karbonáty > 10%). To znamená, že největší výskyt byl zaznamenán na vápencích. Vysoký výskyt byl však zaznamenán i na půdách s číslem 4. Ty odpovídají horninám s koeficientem alkality 0,25 – 0,4 vypočítaným podle jistého vzorce (bližší info viz Chuman et al., 2013). Pod tímto koeficientem se nachází pyroklastické nánosy čedičů, mastek, křemen-diorit apod. a jsou tedy zásadité, ale méně než ty s číslem 7. Domnívám se, že je to způsobeno lidským faktorem. Zaznamenán byl totiž výskyt druhu i na různých haldách vyvezené bazické horniny či na náspech železničních tratí, pro které byly použity vápence. Můžeme tak předpokládat, že právě k tomuto došlo i v tomto případě, kdy v podloží nebyl zaznamenán vyšší podíl vápenců, přestože na povrchu tomu mohlo být jinak. MaxEnt není schopen takovéto věci podchytit.

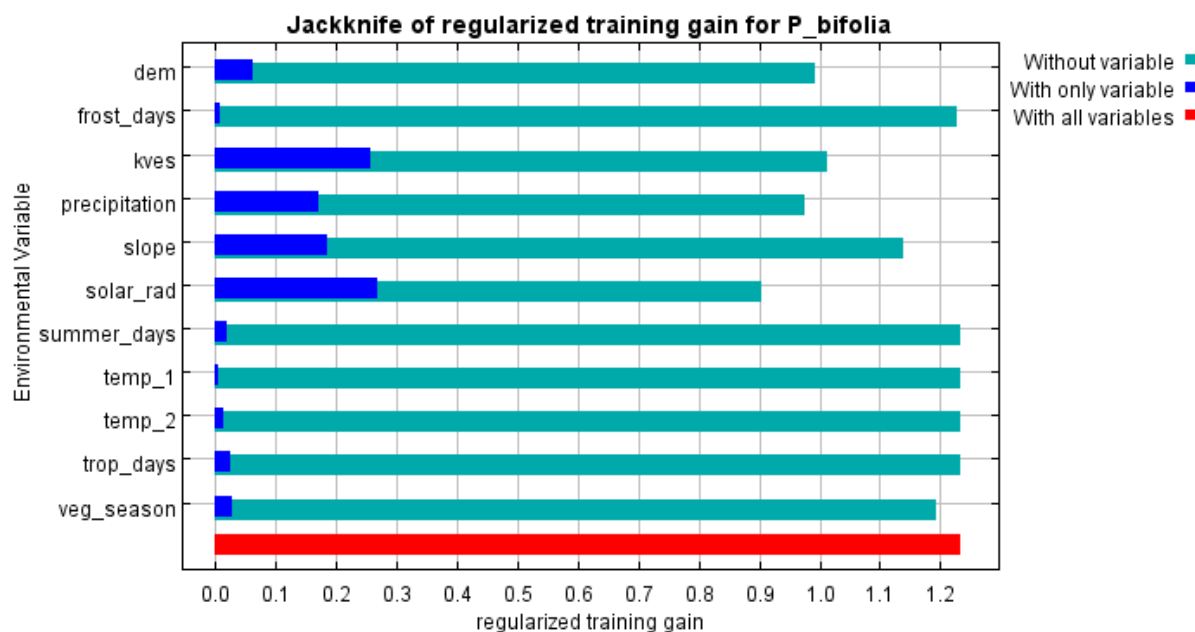


Obrázek 40: Alkalita - *C. damasonium*

3.2.3. *Platanthera bifolia*

I u tohoto druhu naráží první analýza na zmiňovaný problém s výběrem proměnných. V příloze C1 se nachází mapa predikce potenciálního výskytu druhu *P. bifolia* v Jihočeském kraji. Na této mapě můžeme vidět, že podle převážně mezoklimatických faktorů, jež byly zkoumány v této analýze, *P. bifolia* preferuje určité hotspoty v rámci kraje.

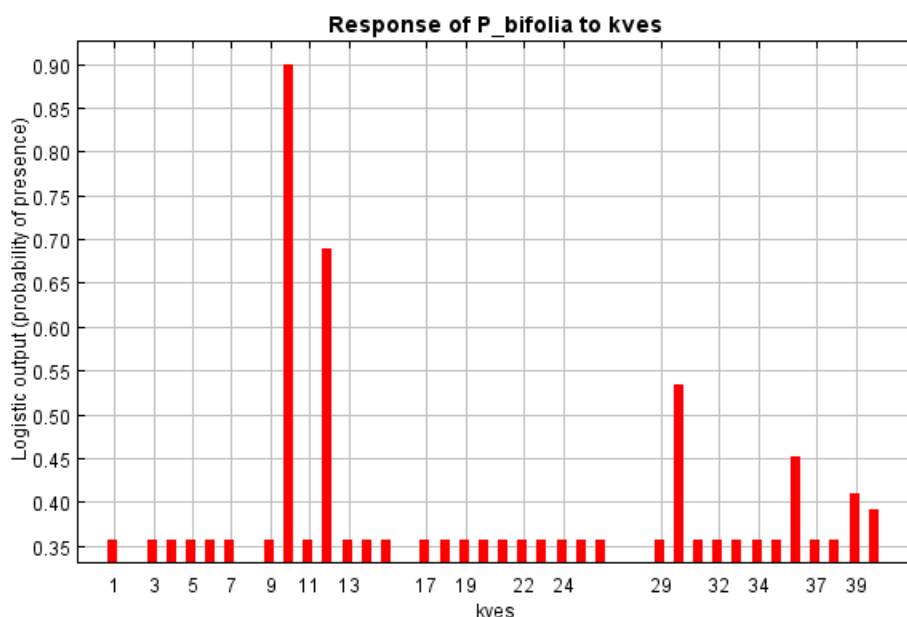
Na obrázku číslo 41, který popisuje jednotlivý příspěvek zkoumaných proměnných k této analýze, můžeme vidět, které hlavní proměnné se na predikci tohoto rozšíření podílí. V první řadě se jedná o KVES, který má jako obvykle jeden z největších příspěvků. Na dalším místě se pak nachází míra oslunění lokality, která se zde skrývá pod zkratkou solar_rad. Důležitá je také sklonitost. Průměrný roční úhrn srážek nebyl pro další analýzu použit z již vysvětlených důvodů. Ostatní proměnné již dle tohoto grafu nemají pro výskyt sledovaného druhu nijak významný vliv.



Obrázek 41: Jackknife - *P. bifolia*

Nejprve se blíže podíváme na vztah mezi KVESem a výskytem sledovaného druhu. Na obrázku 42 můžeme vidět, že sledovaný druh se vyskytoval převážně v biotopech označených číslem 10, které patří území doubrav a dubohabřin. Na druhém místě za nimi se pak nachází číslo 12, které odpovídá bučinám. Výskyt byl také zaznamenán na území s číslem 30, které odpovídá smíšeným hospodářským lesům. Vzhledem k tomu, co je o druhu známo, můžeme

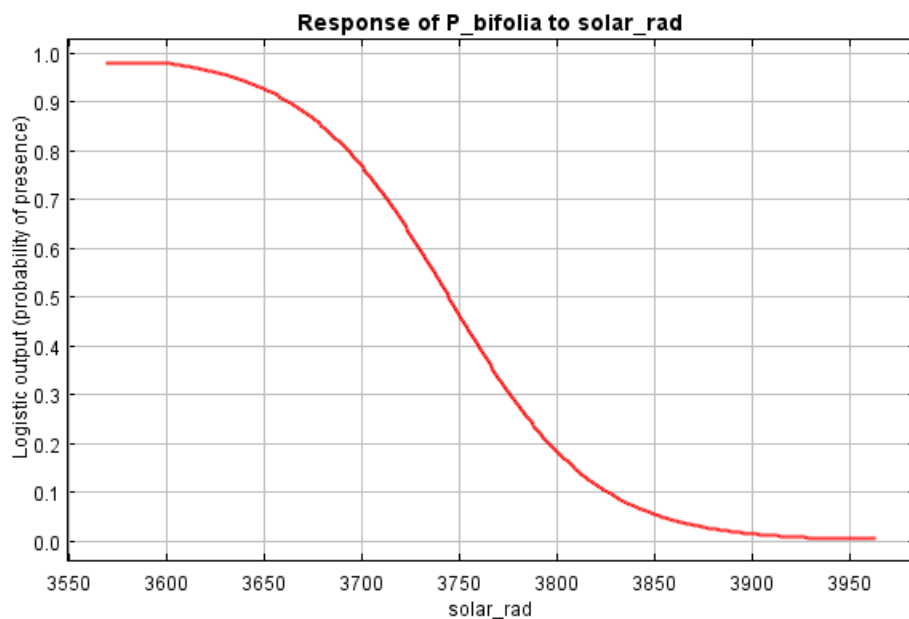
řící, že tento vztah odpovídá pravdě, protože sledovaný druh patří mezi lesní druhy, které upřednostňují listnaté lesy.



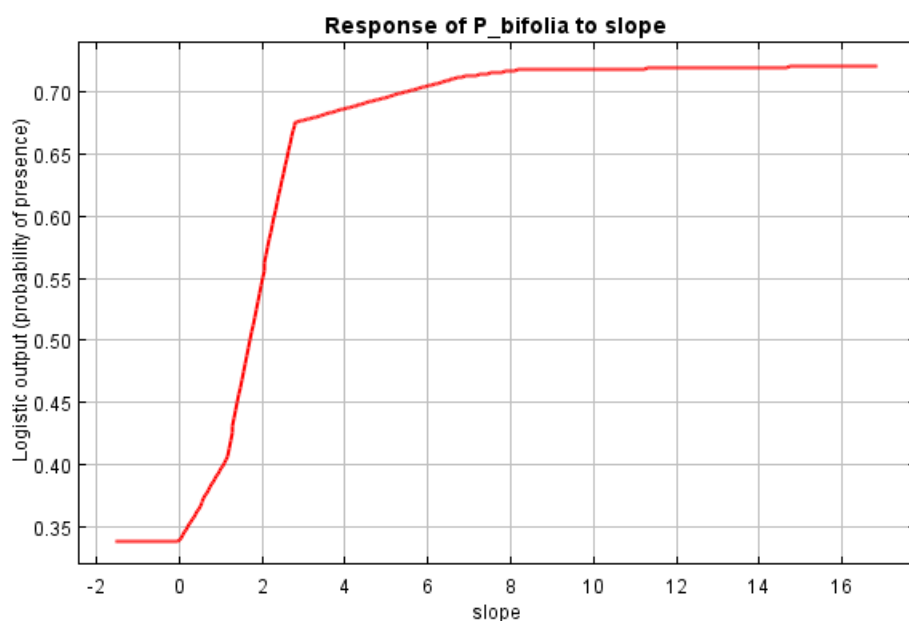
Obrázek 42: KVES - *P. bifolia*

Možná poněkud překvapivě byl pro finální analýzu vybrán i jeden mezoklimatický faktor. Jedná se o míru oslunění lokality. Byl vybrán proto, že Česká republika je poměrně malá země, kde se míra dopadajícího slunečního záření příliš nemění v závislosti na rozdílném území. Druhý důvod pro výběr tohoto faktoru byl, že podle grafu jackknife má tento faktor na výskyt druhu velmi významný vliv. Pokud se podíváme na bližší vztah této environmentální proměnné ke sledovanému druhu, tak zjistíme, že pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu je větší na území, které je méně osluněné. Jedná se převážně o lesní druh, který preferuje stinné lokality, a proto tento faktor odpovídá realitě známé z praxe. Tento vztah popisuje obrázek 43.

Posledním faktorem, kterým má smysl se zabývat, je sklonitost území. Na obrázku 44 můžeme vidět odpověď sledovaného druhu k této zkoumané proměnné. Z tohoto vztahu vyplývá, že sledovaný druh upřednostňuje území, které není ploché, ale na kterém se nachází určitá změna nadmořských výšek.



Obrázek 43: Míra oslunění lokality - *P. bifolia*



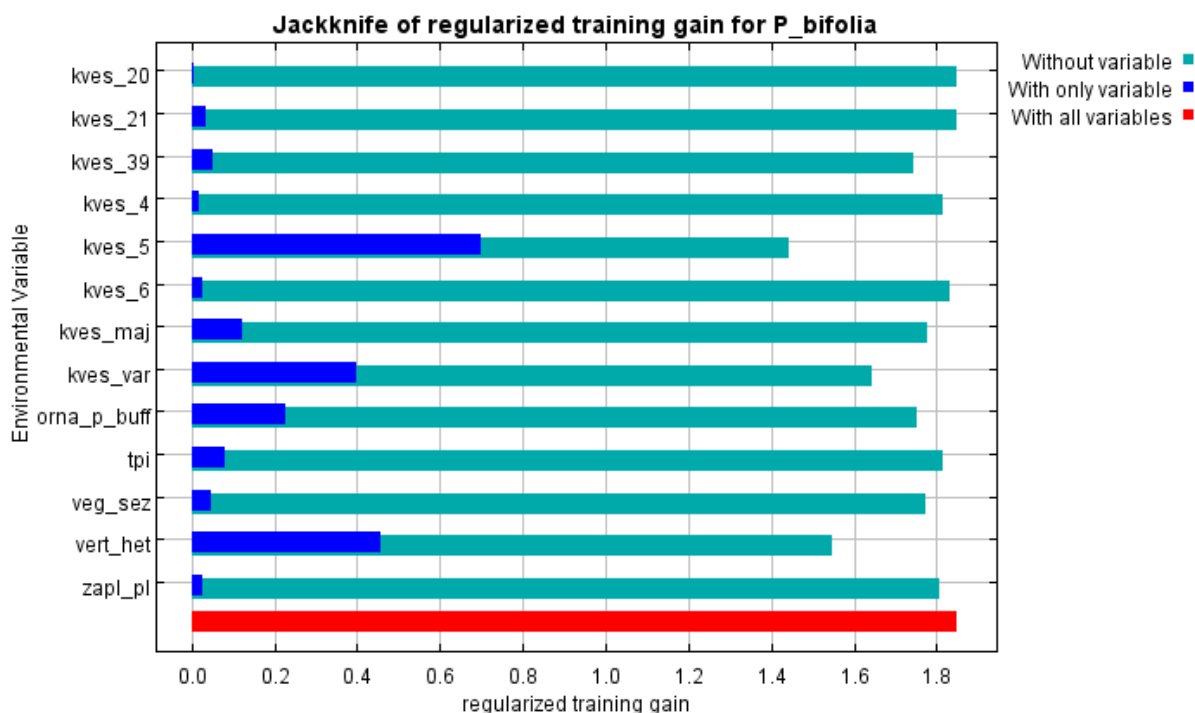
Obrázek 44: Sklonitost - *P. bifolia*

Poté, co byly vysvětleny nejvýznamnější environmentální proměnné z první analýzy, můžeme přejít ke druhé analýze, jež zkoumala závislost mezi sledovaným druhem a faktory týkajícími se převážně biotopů a vzhledu lokality.

V příloze C2 se nachází mapa predikce potenciálního výskytu lokalit vhodných pro výskyt druhu *Platanthera bifolia*. I na této mapě je vidět, že umístění vhodných lokalit a jejich

větší množství je situováno převážně do oblastí, které byly vybrány jako vhodné již při první analýze. Množství takto vhodných míst je však mnohem menší a přesnější, protože v této analýze se zabýváme environmentálními faktory, které jsou v každé oblasti unikátní a nemohou tedy pokrývat velké plochy území. Můžeme tedy říci a předpokládat, že tato predikční mapa je přesnější než předchozí, protože mnohem více odpovídá preferencím daného druhu, jež jsou známy z literatury.

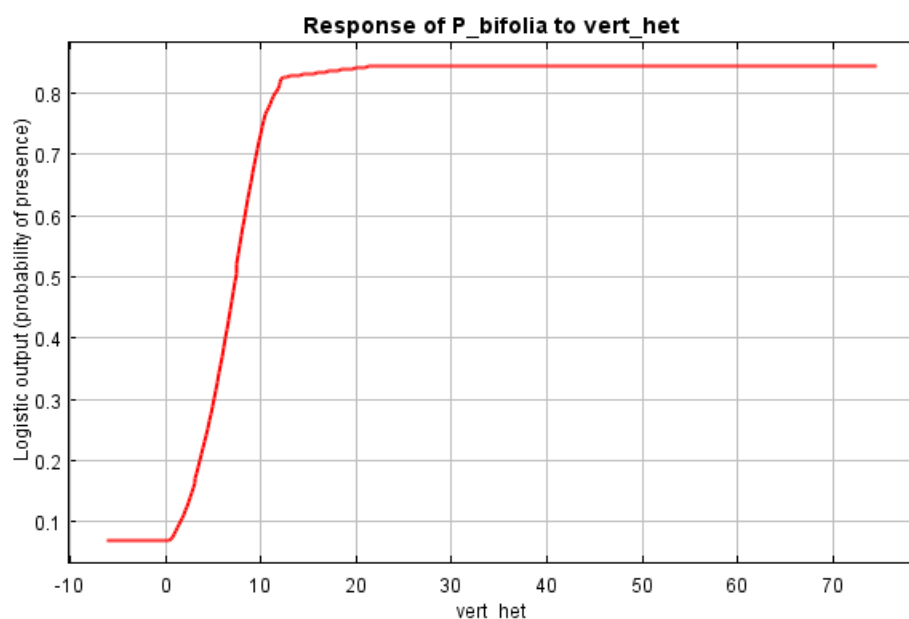
Na obrázku číslo 45 se pak můžeme blíže podívat na jednotlivé příspěvky environmentálních faktorů. Zde vidíme, že faktory, jež mají velký význam samy o sobě při použití pro predikci výskytu daného druhu, jsou čtyři hlavní. Mezi nejdůležitější faktory patří KVES 5, který popisuje vztah druhu s okolím, konkrétně se suchými travinami. Dalším významným faktorem je heterogenita prostředí a vertikální heterogenita. Nemůže být opomenut ani vliv množství orné půdy v okolí lokality. Environmentální proměnná, jež by nejvíce snížila zisk dané analýzy, pokud by byla vynechána, je KVES 5 a vertikální heterogenita. Nezanedbatelný vliv má také heterogenita prostředí.



Obrázek 45: Jackknife (2) - *P. bifolia*

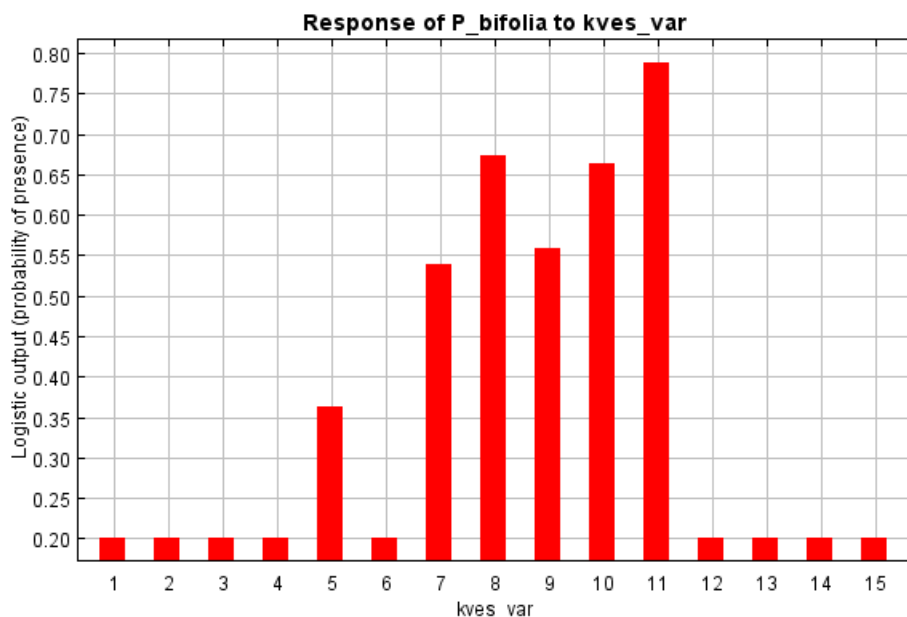
Nejprve se blíže podíváme na vztah sledovaného druhu a vertikální heterogenity. Tento vztah ukazuje obrázek 46. Vertikální heterogenita vlastně říká, jaká je ve čtverci 500 x 500 m rozkolísanost nadmořských výšek. Čím větší je tedy na ose x číslo, tím větší je v daném

území množství různých nadmořských výšek. Z grafu vztahu této proměnné a sledovaného druhu vyplývá, že nejnižší pravděpodobnost výskytu má sledovaný druh na území s téměř nulovou rozkolísaností nadmořských výšek a tudíž, že preferuje území, kde ne nachází nejspíše nějaké srázy či kopce. Při zpětném pohledu do první analýzy se nám toto potvrzuje ve zkoumaném faktoru sklonitosti. I v tomto případě druh preferoval území sklonité a ne roviny.



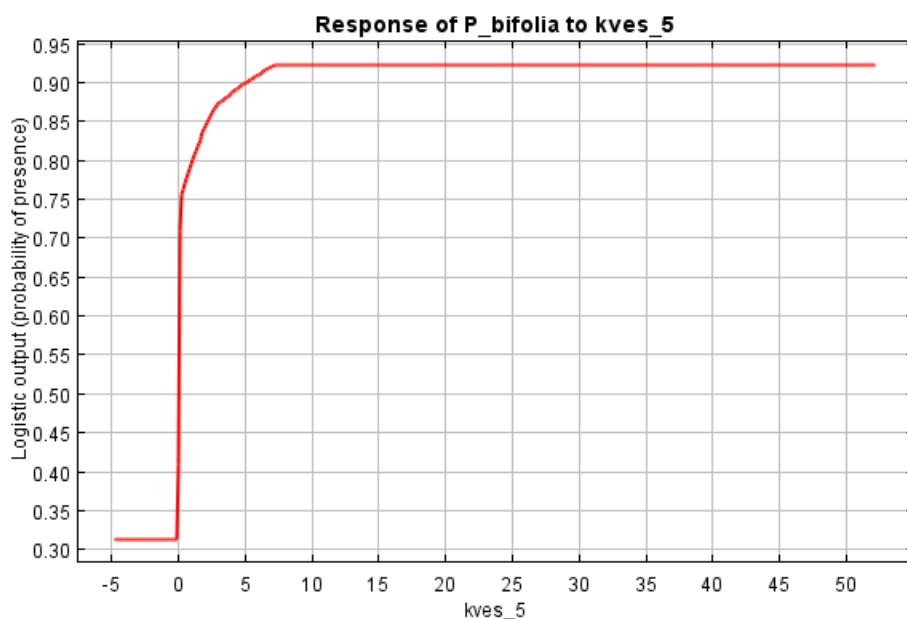
Obrázek 46: Vertikální heterogenita - *P. bifolia*

Dalším významným faktorem ovlivňující druh *P. bifolia* je heterogenita prostředí. Vztah této proměnné a zkoumaného druhu ukazuje obrázek 47. Na tomto grafu můžeme vidět, že druh preferuje území se spíše větší heterogenitou prostředí. Vyhovují mu území tvořená velkým množstvím malých habitatů a jemnější struktura krajiny. V případě tohoto druhu je výskyt na územích s převahou jednoho habitatu téměř nulový a naopak druh upřednostňuje území se střední až vyšší heterogenitou. Díky tomu můžeme usuzovat na větší ohroženost tohoto druhu, jež je ohrožen neustálým zvětšováním zemědělských ploch pro ornou půdu i obhospodařované louky a lesy. Pro záchranu tohoto druhu by měly být zachovávány menší remízky a jemnější struktura krajiny.



Obrázek 47: Heterogenita prostředí - *P. bifolia*

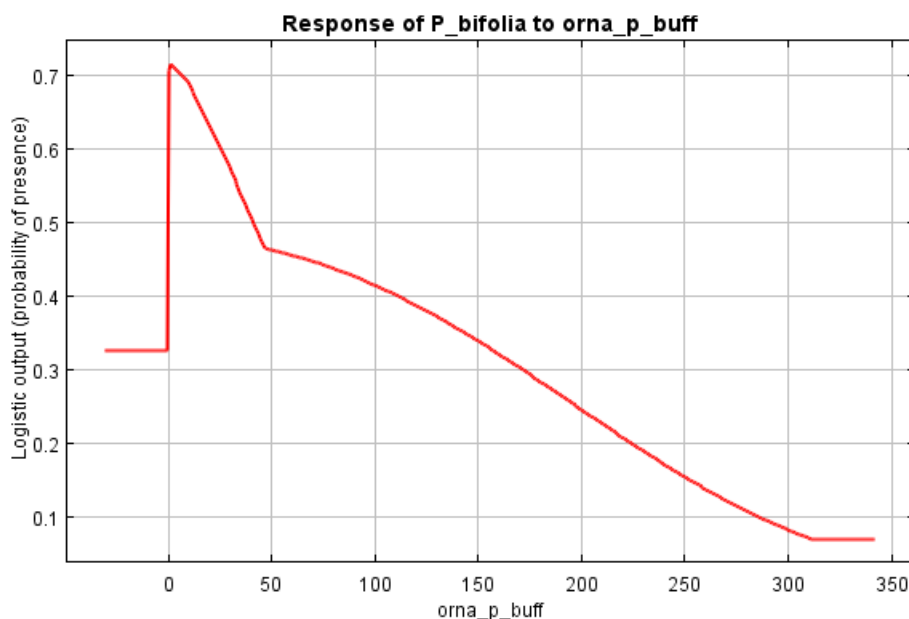
Dalším faktorem významným pro výskyt tohoto druhu je KVES 5 - suché trávníky. Tento vztah úzce souvisí s heterogenitou prostředí, a proto ho vysvětlují až na třetím místě, abych mohla na heterogenitu prostředí navázat. Vztah této proměnné ukazuje obrázek 48. Dle tohoto grafu totiž sledovaný druh upřednostňuje území, kde je okolí jeho lesní lokality tvořeno suchými trávníky. Tento fakt v souvislosti s heterogenitou prostředí nám tak dá možnost si území vhodné pro výskyt druhu lépe představit jako malé lesíky s *P. bifolia* obklopené převážně lučními porosty. Vidíme tedy, že druh nevyhledává kulturní krajinu ale naopak



Obrázek 48: KVES 5 - *P. bifolia*

zapomenuté kousky území, kde stále přetrvala jemná struktura krajiny s loukami a nikoli poli (viz obrázek 47).

Nakonec se podíváme na vztah množství orné půdy v okolí lokality s výskytem sledovaného druhu. Tento vztah nám ukazuje obrázek číslo 49. Z tohoto grafu vyplývá, že sledovaný druh preferuje území, kde se v okolí nenachází orná půda. Pokud se v okolí nějaká orná půda vyskytuje, tak pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu klesá až téměř k nule.

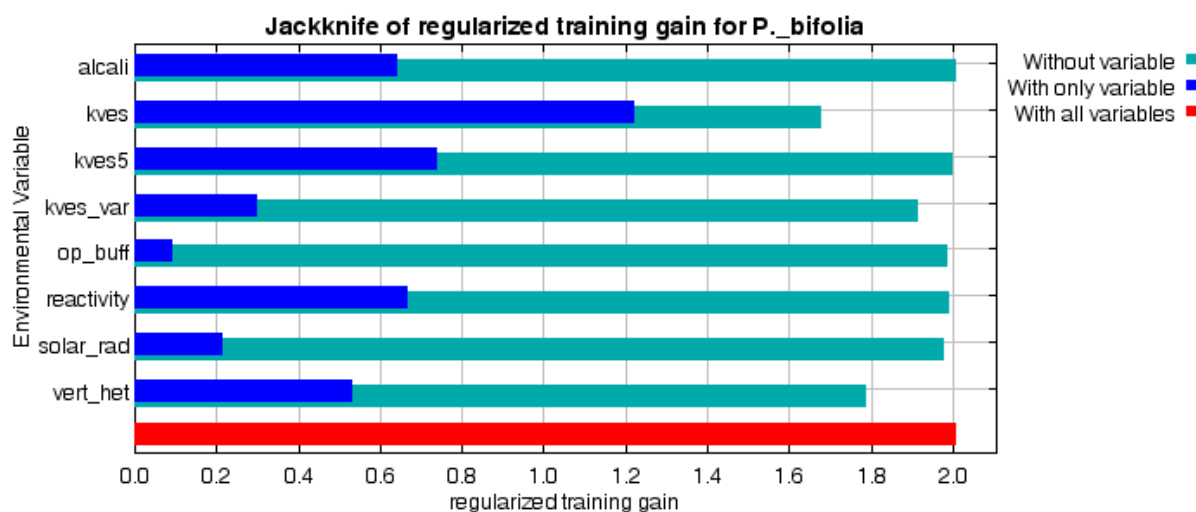


Obrázek 49: Orná půda - *P. bifolia*

Pro závěrečnou analýzu MaxEnt byly vybrány faktory, které se v předchozích dvou analýzách ukázaly jako nejdůležitější a nejvíce určující pro výskyt sledovaného druhu. Jedná se o KVES, míru oslunění lokality, vertikální heterogenitu, heterogenitu prostředí, množství orné půdy v okolí a KVES 5.

Závěrečná analýza zpracovaná pro druh *P. bifolia* byla vytvořena v podrobnějším rozlišení, jako tomu bylo u předchozích zkoumaných druhů orchidejí. Rozlišení finální mapy tedy již není 500×500 m, ale 50×50 m, čímž došlo ke zpřesnění výsledků a výsledných map a je tak možné si odpovědět na otázku, zda existují možnosti existence sledovaného druhu i na dalších neobjevených lokalitách ve sledované oblasti Jihočeského kraje. Výslednou mapu potenciální predikce výskytu sledovaného druhu ukazuje příloha C3.

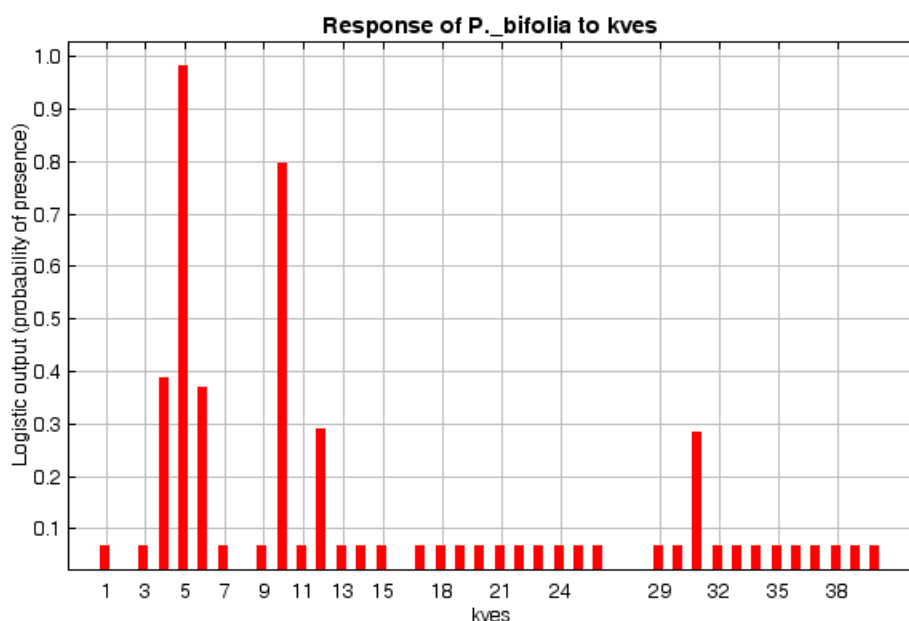
Odpověď na otázku tedy zní: ano, existují možnosti existence i na dalších neobjevených lokalitách ve zkoumaném území. Mapa potenciální predikce ukazuje nejvhodnější lokality v mapě červenou barvou. Pro připomenutí je třeba zmínit, že i když je na těchto místech pravděpodobnost výskytu největší, rozhodně to neznamena, že na této lokalitě bude druh s naprostou jistotou nalezen. Tato mapa predikce výskytu vyplývá ze zadaných environmentálních proměnných, ale jak jsem již psala dříve, tak ne všechny proměnné je možné podchytit mapami. Například mykorhiza či management patří mezi faktory, pro které mapy neexistují nebo neodpovídají úplně skutečnosti. Tato místa tedy pouze poskytují jakousi nápovědu pro osoby, jež se monitoringem orchidejí zabývají, a mají za cíl usnadnit hledání nových lokalit, protože na těchto místech s vyšší pravděpodobností výskytu panují stejné či velmi podobné podmínky jako na lokalitách, kde byl druh nalezen a ze kterých bylo v analýze vycházeno. Pro druh *P. bifolia* se ukázaly jako nejvhodnější lokality místa okolo Sezimova Ústí a Tábora, Písku a jižně od Strakonice a v okolí Vltavy na horním úseku. Tato místa by tedy stálo za to navštívit a zjistit případně nové lokality výskytu tohoto vzácného druhu rostliny.



Obrázek 50: Jackknife (3) - *P. bifolia*

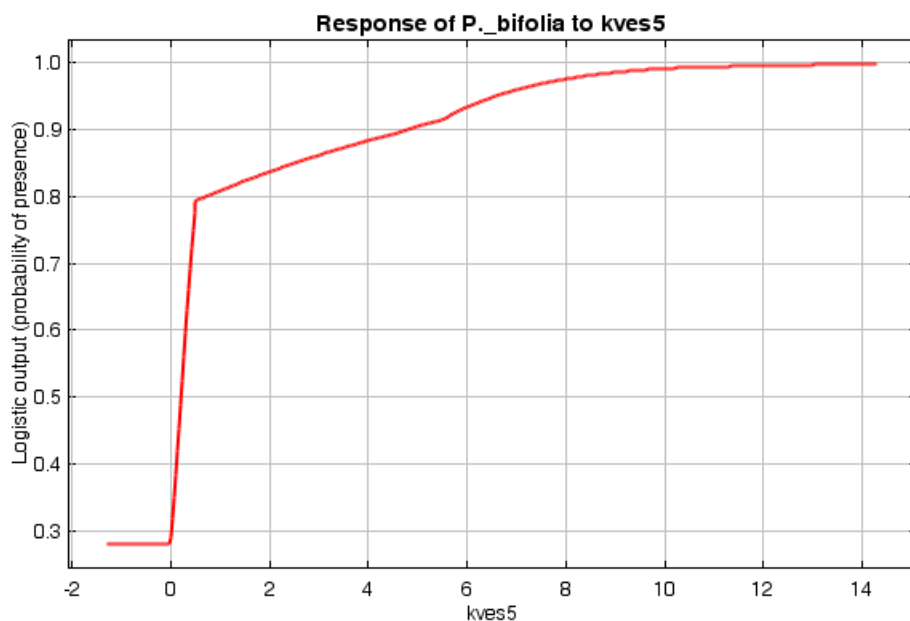
Graf jackknife ukazuje, jak vypadala odpověď druhu ke zkoumaným zadaným proměnným a ukazuje, jak důležité jednotlivé z nich byly pro vytvoření výsledné predikční mapy. Tento graf se nachází na obrázku 50. Na délce tmavě modré čáry můžeme poznat, jak velký význam měla daná proměnná sama o sobě. V tomto případě největší význam měl KVES a KVES 5, těsně následovány alkalitou a reaktivitou hornin. Naopak nejnižší vliv měla orná půda v okolí lokality. Nejvíce informací, jež nebyly obsaženy v jiných proměnných měl v tomto případě KVES a vertikální heterogenita.

Nejprve se blíže podíváme na faktor KVES (viz příloha E) a jak vypadala reakce druhu na ekosystémy, ve kterých se vyskytoval. Tento vztah ukazuje obrázek 51. Zde vidíme, že největší výskyt byl na území suchých trávníků a doubrav a dubohabřin. Velký výskyt byl zaznamenán také na území bučin a mezofilních luk. Tento druh má širokou ekologickou valenci a vyskytuje se jak v lesních, tak v lučních biotopech chudých na živiny. Z toho důvodu se v tomto případě jedná o správnou predikci a všechny zastoupené biotopy odpovídají znalostem z literatury.



Obrázek 51: KVES (2) - *P. bifolia*

Dalším důležitým faktorem z hlediska výskytu tohoto druhu byl KVES 5. Tento KVES odpovídá loukám a byl do finální analýzy zahrnut z důvodu velkého významu v předchozí analýze. Jeho vztah ke sledovanému druhu ukazuje obrázek 52. Zde vidíme, že s rostoucím množstvím trávníků v okolí lokality roste také pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu. Vysvětlení tohoto důvodu jsem uvedla již v předchozí analýze a stále se domnívám, že druh preferuje v okolí tyto suché trávníky z toho důvodu, že nejsou intenzivně obhospodařované člověkem a tudíž nedochází k narušování jeho lokalit zemědělskou aktivitou či eutrofizací. Druh tak preferuje území s vysokou heterogenitou prostředí, kde v okolí lokalit výskytu sledovaného druhu, ať už jsou luční nebo lesní, převažují trávníky.



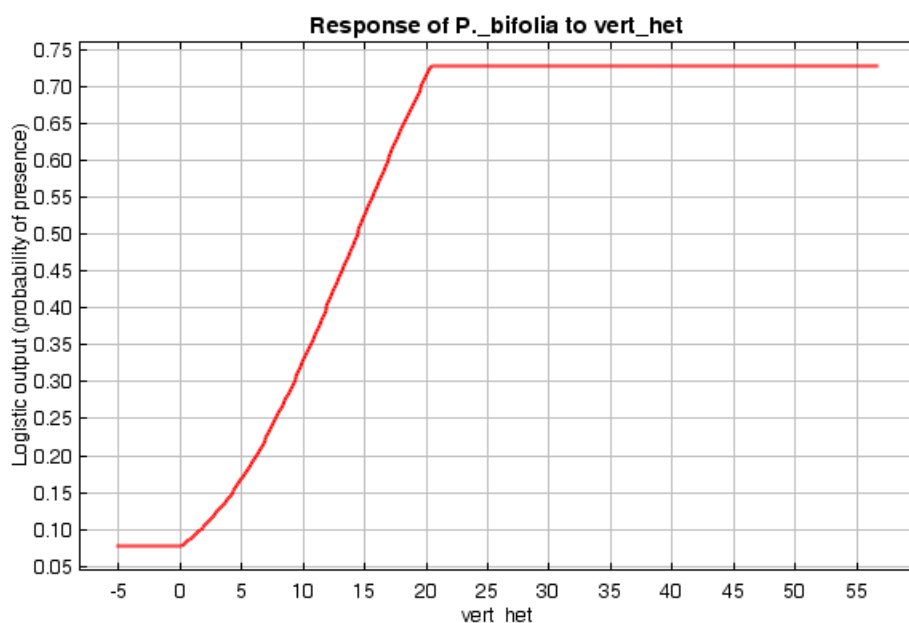
Obrázek 52: KVES 5 (2) - *P. bifolia*

Co se týká alkality hornin, tak tento druh dle literatury preferuje jak mírně kyselé, tak zásadité půdy. Vztah alkality a sledovaného druhu ukazuje obrázek 53. Můžeme zde vidět, že druh se nejčastěji vyskytoval na půdách s číslem 4 a tedy preferoval půdy s vysokým koeficientem alkality mezi 0,25 – 0,4 mol/kg. Tento koeficient je dán poměrem mezi různými obsahy prvků v hornině (viz Chuman et al., 2013) a značí horniny zásadité.



Obrázek 53: Alkalita - *P. bifolia*

Významný vliv na výskyt druhu měla také vertikální heterogenita. Tento vztah ukazuje obrázek 54. Můžeme zde vidět, že pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu roste s vyšším stupněm vertikální heterogenity a druh tedy upřednostňuje území, kde se střídají různé nadmořské výšky a lokalita není plochá. Samozřejmě se pohybujeme v oblasti Jihočeského kraje, takže změna nadmořských výšek v této oblasti není nijak drastická, ale i přesto o něčem vypovídá. Tento druh bývá a potenciálně může být nalezen s větší pravděpodobností na území s vyšší vertikální heterogenitou.



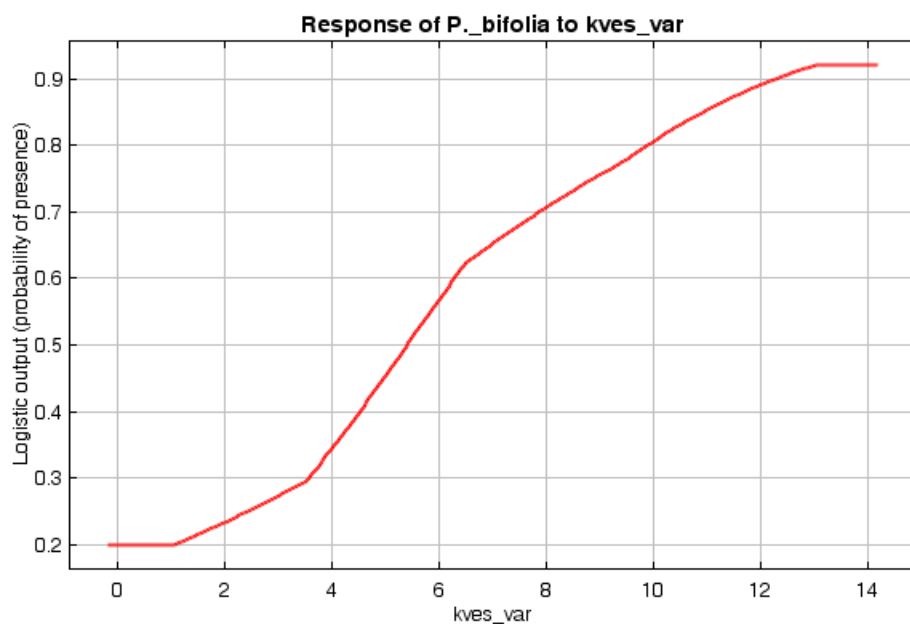
Obrázek 54: Vertikální heterogenita (2) - *P. bifolia*

Co se týká heterogenity prostředí a jejího vztahu ke sledovanému druhu, tak tento vztah ukazuje obrázek 55 a nijak se neliší od grafu z předcházející analýzy. I v tomto případě druh upřednostňuje větší heterogenitu prostředí a jemnější strukturu krajiny a může být častěji nalezen na území, kde se nachází větší množství různých biotopů než v území s jedním dominujícím ekosystémem.

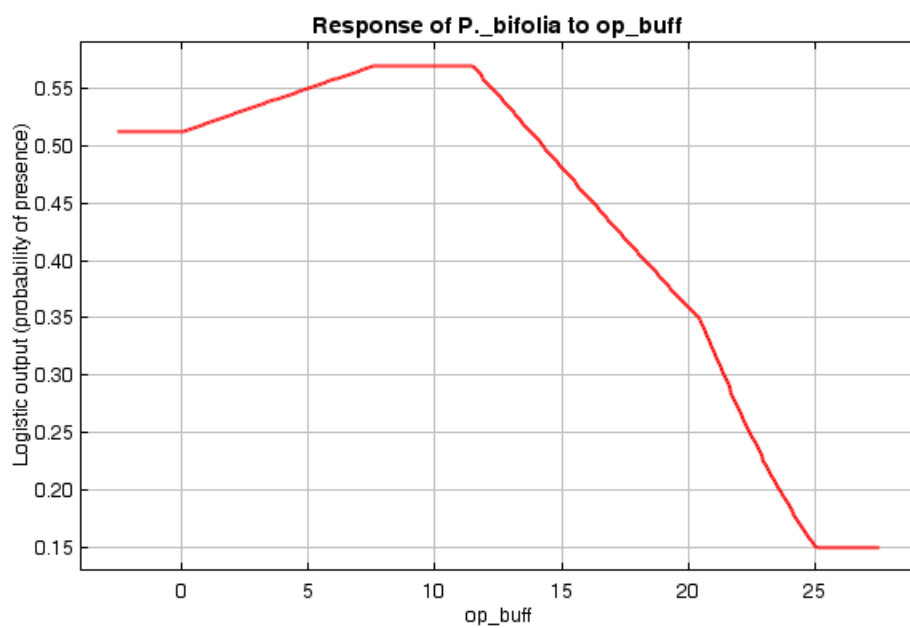
Obrázek 56 ukazuje vztah množství orné půdy v okolí lokality k výskytu sledovaného druhu. Ani v tomto případě nedošlo po zvětšení detailu predikčních map ke změně a druh bude s větší pravděpodobností nacházen na území s menším množstvím orné půdy v okolí. Příčina tohoto vztahu byla vysvětlena již dříve několikrát. Tento faktor však na výskyt sledovaného druhu měl pouze malý vliv z hlediska finální analýzy.

Pro tento druh byl jako pro jediný použit i faktor mezoklimatický - úhrn slunečního záření. Ve finální analýze se však ukázalo, že moc velký vliv na výskyt druhu nemá. Na

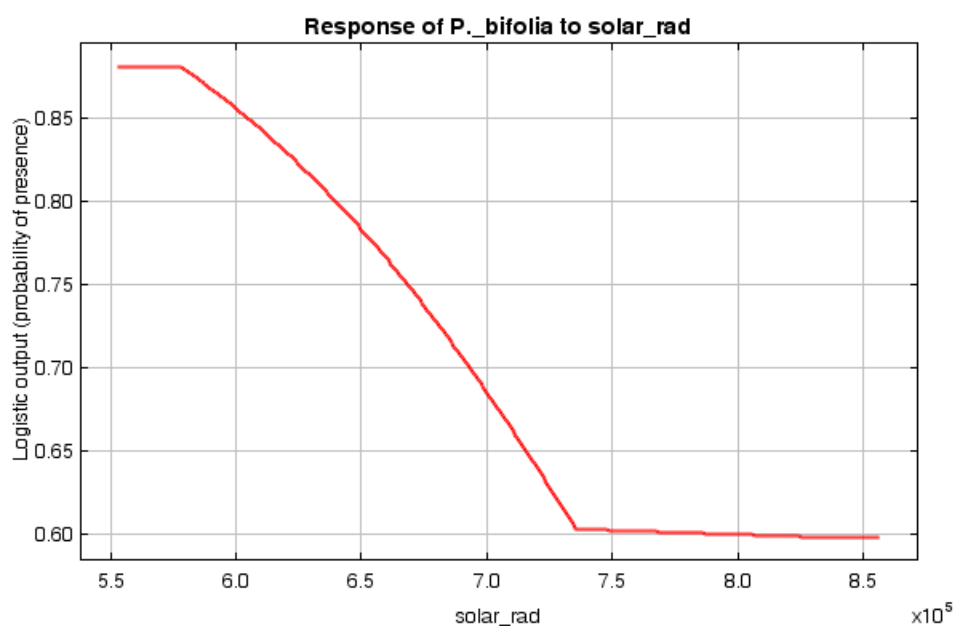
obrázku číslo 57 můžeme vidět, že sledovaný druh upřednostňuje nižší míru oslunění lokality, protože se jedná o druh preferující převážně zastíněné lokality typické pro lesy a křoviny.



Obrázek 55: Heterogenita prostředí (2) - *P. bifolia*

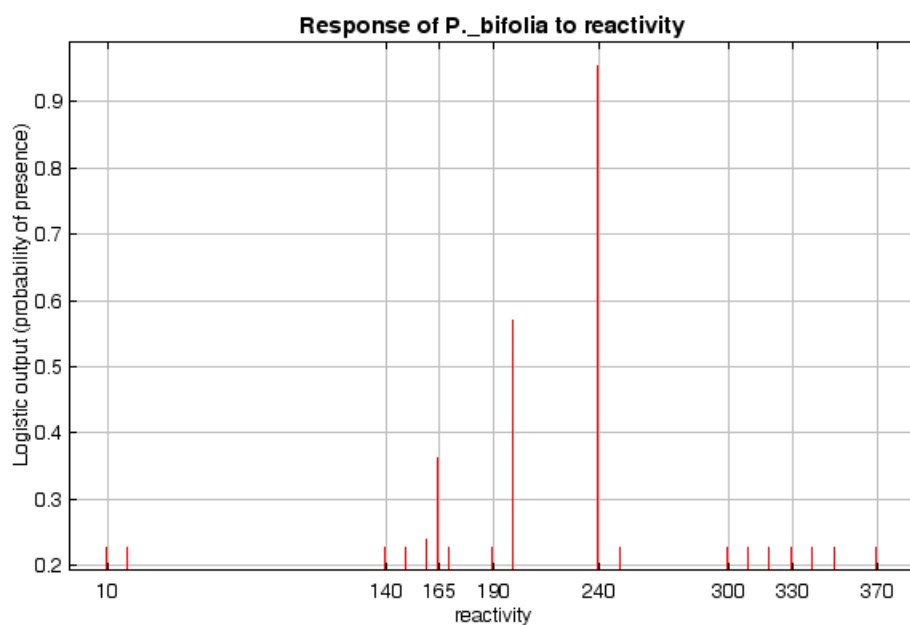


Obrázek 56: Orná půda (2) - *P. bifolia*



Obrázek 57: Úhrn slunečního záření (2) - *P. bifolia*

Co se týká reaktivity hornin, tak pro tento sledovaný druh byl významný výskyt na horninách s číslem 240. Tento vztah ukazuje obrázek 58. Číslo 200 odpovídá metamorfovaným horninám s vysokým koeficientem alkality, tyto horniny jsou středně reaktivní a nachází se mezi nimi dolerit, mastek a metagabbro.

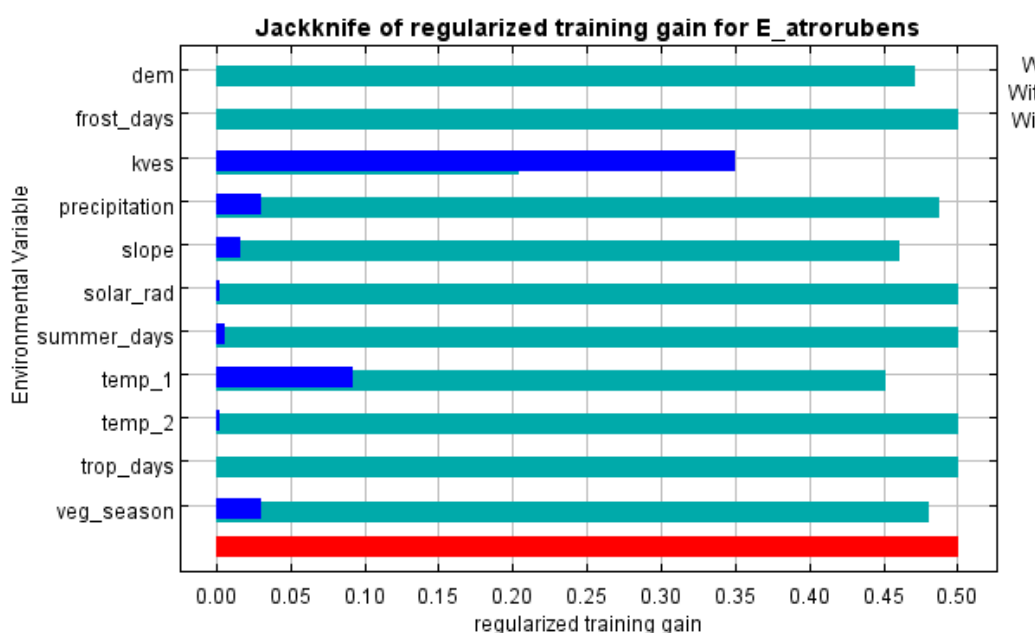


Obrázek 58: Reaktivita - *P. bifolia*

3.2.4. *Epipactis atrorubens*

První analýza MaxEnt, která se týkala převážně mezoklimatických faktorů, neukázala v případě sledovaného druhu *E. atrorubens* kromě KVES žádný další významný faktor. Mapa predikce potenciálního výskytu tohoto sledovaného druhu se nachází v příloze D1.

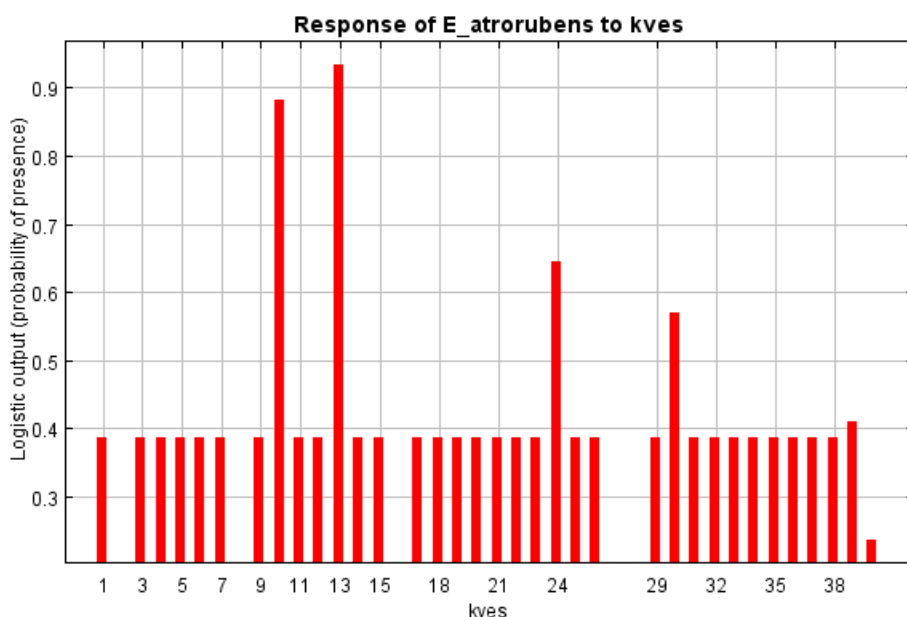
Dle obrázku číslo 59 pak můžeme tuto skutečnost vidět znázorněnou graficky. Vidíme zde, že tmavě modré čáry, jež značí významnost jednotlivých faktorů pro výslednou analýzu, jsou zde s výjimkou KVES velmi krátké a tudíž jejich příspěvek nebyl významný. Naopak KVES se zde ukazuje jako klíčová proměnná pro výskyt druhu jelikož je environmentální proměnnou, která poskytuje sama o sobě nejvíce informací. Projevilo se to též na délce světle modré čáry, jež v tomto případě svou krátkou délkou značí, že KVES v sobě obsahuje nejvíce informací, jež nejsou obsažené v jiných proměnných a tudíž má ze všech nejnižší kolinearitu s ostatními environmentálními proměnnými. Z tohoto důvodu byl z této první analýzy použit pro finální analýzu pouze KVES.



Obrázek 59: Jackknife - *E. atrorubens*

Při bližším pohledu na faktor KVES pak můžeme vidět jeho odpověď k výskytu druhu a můžeme zjistit, jaké hlavní ekosystémy se ukázaly jako klíčové pro výskyt sledovaného druhu. Na obrázku 60 můžeme vidět, že se jedná především o dva typy ekosystémů: číslo 10, které odpovídá doubravám a dubohabřinám a číslo 13, jež odpovídá suchým borům. Jelikož se jedná o lesní druh, tak můžeme říci, že tato predikce je správná. Doubravy a dubohabřiny patří mezi ideální stanoviště sledovaného druhu a druh se vyskytuje taktéž hojně v

jehličnatých lesích, a proto i tato informace je správná. Dalším významným místem pro výskyt je číslo 30, které odpovídá hospodářským smíšeným lesům. Bohužel se zde vyskytuje i jeden nesmysl, a to je číslo 24. Toto číslo odpovídá rybníkům a nádržím a v analýze dat se pravděpodobně ocitlo díky špatné lokalizaci GPS souřadnice nebo příliš hrubému rozlišení sledovaných dat.



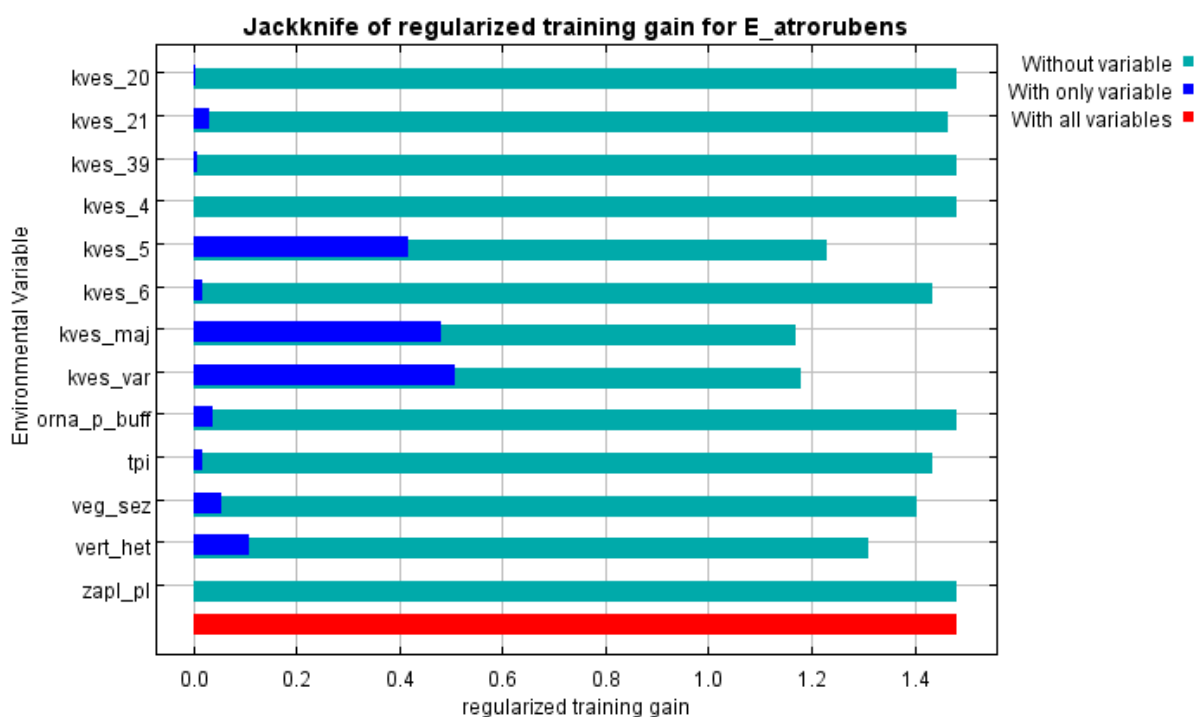
Obrázek 60: KVES - *E. atrorubens*

Další environmentální proměnné nehrály v případě tohoto druhu velký vliv, a proto nebyly použity do následujících analýz. Již dříve však bylo řečeno, že první analýza patřila mezi ty méně vhodné ke sledování výskytu orchidejí, a proto se v tomto případě nejedná o nijak velký problém.

Ve druhé analýze již byly zkoumány vlivy umístění nálezové lokality v rámci krajiny a zajímal nás vliv různých typů prostředí na výskyt sledovaného druhu. Mapu predikce potenciálního výskytu *E. atrorubens* vytvořenou ve druhé analýze MaxEnt ukazuje příloha D2. Vidíme zde zúžení množství vhodných lokalit oproti první predikční mapě.

Na grafu jackknife se poté můžeme podívat na jednotlivé odpovědi druhu ke zkoumaným proměnným. Tento graf se nachází pod číslem 61. Na tomto grafu vidíme, že odpověď druhu ke sledovaným proměnným nebyla nijak velká. Oproti ostatním zkoumaným druhům, které byly představeny v předchozích kapitolách, se zde nachází jen několik málo proměnných, které mají nějakou odezvu. Domnívám se, že tento jev je způsoben menším počtem

nálezových lokalit. Počet nálezových lokalit tohoto druhu byl na hranici použitelnosti pro program MaxEnt, ale přesto byl použit, abychom mohli zjistit, jak na tuto analýzu reagují málo početné druhy orchidejí. Bohužel se zdá, že tato analýza nemůže být použita pro pravdivou predikci potenciálního výskytu velmi ohrožených druhů, přestože u nich by byla zřejmě nejpřínosnější. Bylo by tak možné se pokusit nalézt další lokality s jejich výskytem či alespoň lokality, které by pro ně mohly být vyhovující a možná se do budoucna pokusit o jejich rozšíření na tato místa semeny či jinak. To však již není předmětem této diplomové práce. Co se týče sledovaného druhu, tak zde se ukázaly jako důležité pro výskyt tři faktory. Tyto faktory mají jak velký význam při použití samostatně, což značí délka tmavě modré čáry, tak nejnižší kolinearitu s ostatními proměnnými, jak naznačuje světle modrá čára. Jedná se o KVES 5, heterogenitu prostředí a KVES (zde skrytý pod „kves_maj“). Ostatní zkoumané proměnné bohužel neměly žádný význam nebo jejich význam byl zanedbatelný.



Obrázek 61: Jackknife (2) - *E. atrorubens*

Pokud se blíže podíváme na jednotlivé proměnné, které měly velký význam, tak můžeme blíže určit povahu závislosti. Nejprve se podíváme na obrázek 62 který ukazuje závislost výskytu sledovaného druhu na heterogenitě prostředí. Na tomto grafu nepozorujeme žádný rostoucí či klesající trend, což přisuzuji menšímu počtu nálezových dat. I přesto můžeme s jistotou říci, že sledovaný druh preferuje středně až více heterogenní prostředí, kde v okolí nepřevažuje jeden druh ekosystému. Vidíme zde, že druh byl nejčastěji nalezen na lokalitách,

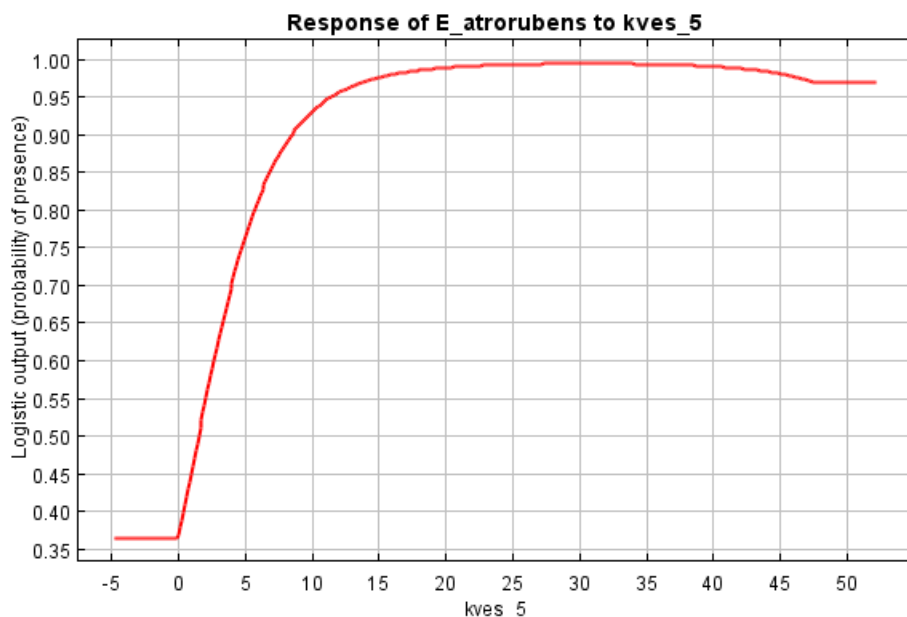
v jejichž nejbližším okolí se vyskytovalo alespoň sedm různých ekosystémů. Můžeme tak říci, že druh preferuje jemnější strukturu krajiny s větším počtem malých ekosystémů.



Obrázek 62: Heterogenita prostředí - *E. atrorubens*

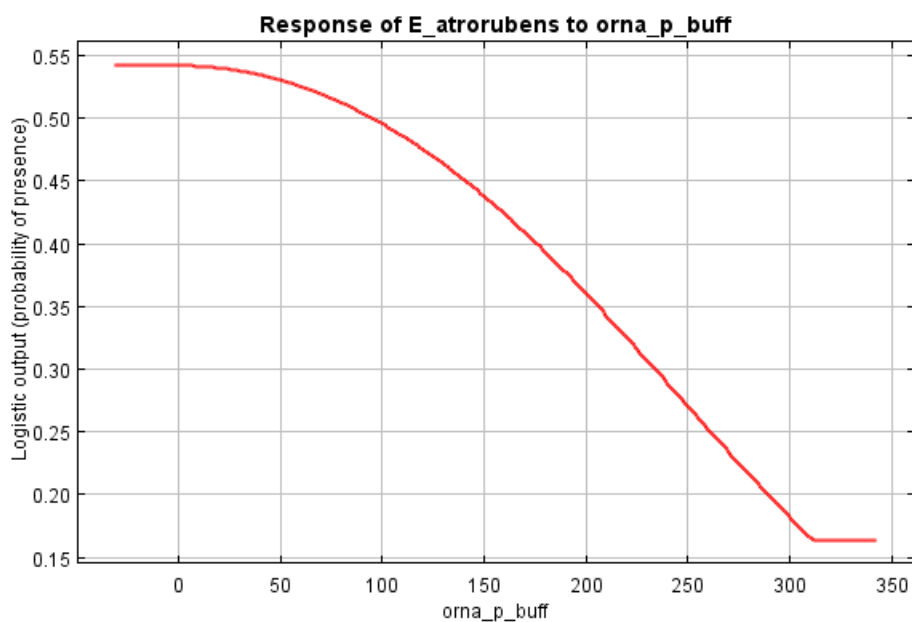
Závislost výskytu sledovaného druhu na KVESu byla již popsána v první analýze, a proto zde nebude znova ukazována. Její význam je však nezanedbatelný, a proto byla použita i ve finální analýze, která byla pro tento druh vytvořena navzdory menšímu počtu dat.

Třetí významnou proměnnou, jež se projevila v této analýze, je KVES 5. Tato proměnná se ukázala jako významná již u předchozích lesních druhů, kterými byla *C. damasonium* a *P. bifolia*. Graf k této proměnné se nachází pod číslem 63. Při pohledu na křivku grafu vidíme, že větší pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu je na území, kde se v okolí nálezové lokality vyskytuje větší množství suchých travinných ekosystémů. Má domněnka v tomto případě je stejná, jako v předchozích případech. Sledovaný druh je druhem lesním, a spolu s preferencí heterogenně bohatšího prostředí, ve kterém se vyskytuje, můžeme díky znalosti závislosti na KVES 5 usoudit, že druh preferuje území s malými lesy obklopenými převážně loukami. Díky zpětnému pohledu na místa nálezů sledovaného druhu můžeme říci, že realita skutečně odpovídá této mé domněnce.



Obrázek 63: KVES 5 - *E. atrorubens*

Ostatní proměnné se již neprojevily na analýze nijak významným dílem. Z nich uveďme alespoň množství orné půdy v okolí. Tato proměnná byla použita i pro závěrečnou analýzu, protože se jedná z mého pohledu o proměnnou, která je zajímavá a důležitá. Tuto proměnnou ukazuje obrázek číslo 64. Vidíme zde, že pravděpodobnost výskytu sledovaného druhu roste s ubývajícím množstvím orné půdy v okolí. Malý význam této proměnné je dán malým rozdílem mezi maximální a minimální škálou pravděpodobnosti výskytu.

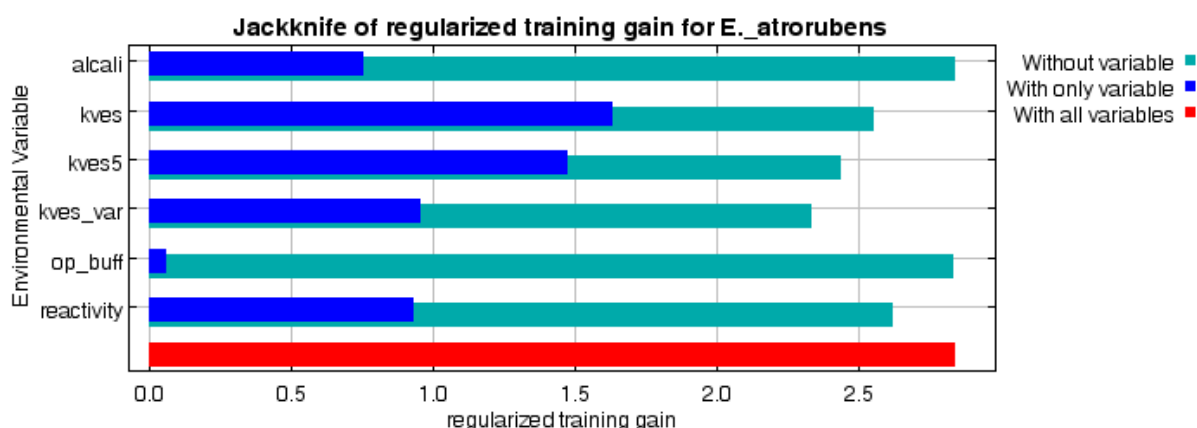


Obrázek 64: Orná půda - *E. atrorubens*

Pro finální analýzu byly použity následující proměnné: KVES 5, KVES, heterogenita prostředí a množství orné půdy v okolí.

Třetí finální analýza byla pro tento druh zpracována, jak již bylo řečeno, v podrobnějším rozlišení map 50×50 m. Mapa potenciální predikce sledovaného druhu se nachází v příloze D3 a umožňuje nám dosud nejlepší odhad dalších potenciálních lokalit výskytu. Můžeme si tak odpovědět na otázku, zda existují možnosti existence i na dalších neobjevených lokalitách. Odpověď zní: ano, existují. U tohoto druhu však byl počet nálezových dat poměrně malý, a tak je možné, že predikce výskytu pro tento druh má nejnižší vypovídací hodnotu vzhledem k ostatním sledovaným druhům. Přesto model v mapě určité oblasti označil jako velmi vhodné z hlediska zkoumaných faktorů, a proto je zde uvedu. Hlavní oblasti, kde by se podle této analýzy druhy mohly vyskytovat jsou okolí města Strakonice, jihovýchodně od města Třeboň či okolí Českého Krumlova. Tato místa by jistě stálo za to navštívit a zjistit, zda se na nich druh vyskytuje, aby mohla být tato nálezová lokalita přidána do databáze orchidejí a dále použita pro další výzkum těchto vzácných druhů rostlin.

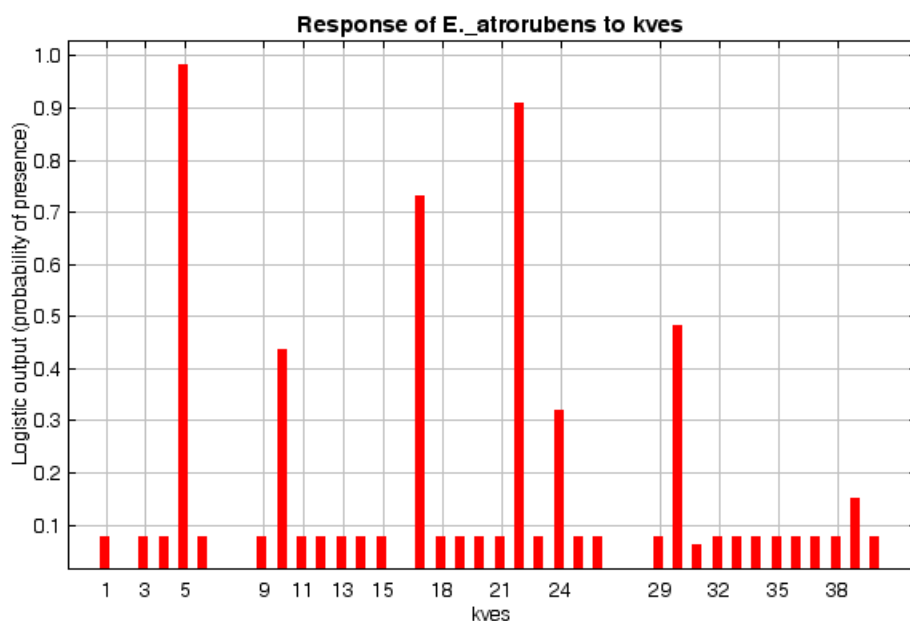
Na grafu jackknife, který se nachází na obrázku 65, můžeme zjistit jednotlivé odpovědi druhu ke zkoumaným proměnným. Vidíme zde, že nejmenší vliv mělo množství orné půdy v okolí. Naopak největší význam a užitečnost poskytovala proměnné KVES a KVES 5. Nejvíce informací, jež nebyly obsaženy v jiných proměnných, dává faktor heterogenity prostředí, který v tomto grafu disponuje nejkratší světle modrou čarou. To značí snížení zisku analýzy, pokud by tato proměnná nebyla do analýzy zahrnuta.



Obrázek 65: Jackknife (3) - *E. atrorubens*

Nejprve se blíže podíváme na odpověď zkoumaného druhu k faktoru KVES. Tento graf se nachází na obrázku 66. Největší výskyt tohoto druhu byl zaznamenán na suchých loukách, skalách a umělých lomech, přírodních křovinách, hospodářských smíšených lesech a v

doubřavách a dubohabřinách (viz příloha E). Výskyt v lomech a skalách si vysvětlují tím, že druh je znám tím, že se vyskytuje na vápencích, a proto jsou pro něj opuštěné zarostlé vápencové lomy ideálním prostředím. Všechny ostatní zastoupené ekosystémy jsou pro tento druh typické, jelikož upřednostňuje křoviny i lesní ekosystémy. Jedině výskyt na suchých loukách je zvláštní. Domnívám se, že by to mohlo být způsobeno vápněním luk, čímž se vytvoří podmínky pro sledovaný druh ideální.



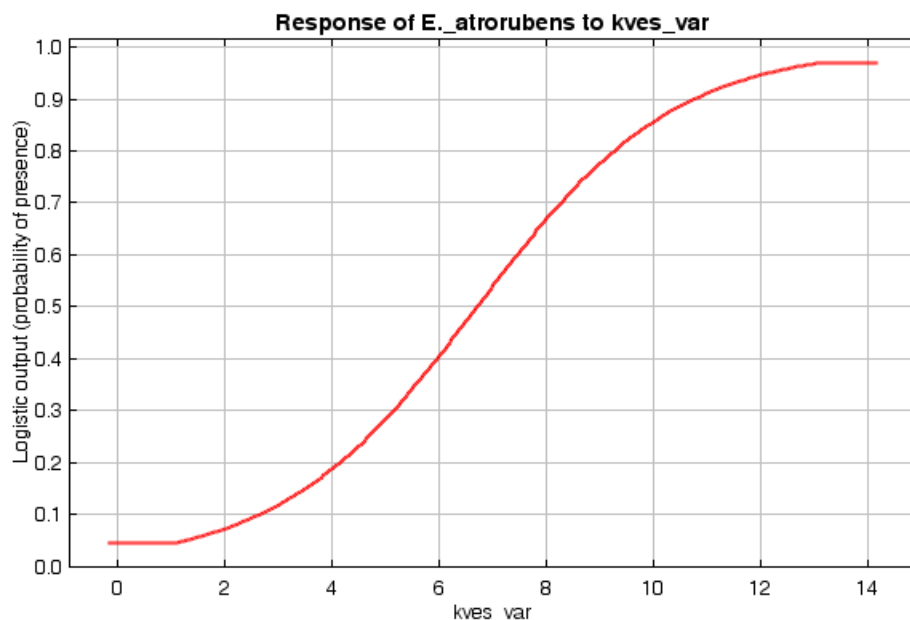
Obrázek 66: KVES (2) - *E. atrorubens*

Vztah heterogenity prostředí ke sledovanému druhu je jako obvykle rostoucí, čili druh upřednostňuje větší heterogenitu prostředí a jemnější strukturu krajiny. Tento vztah ukazuje obrázek 67.

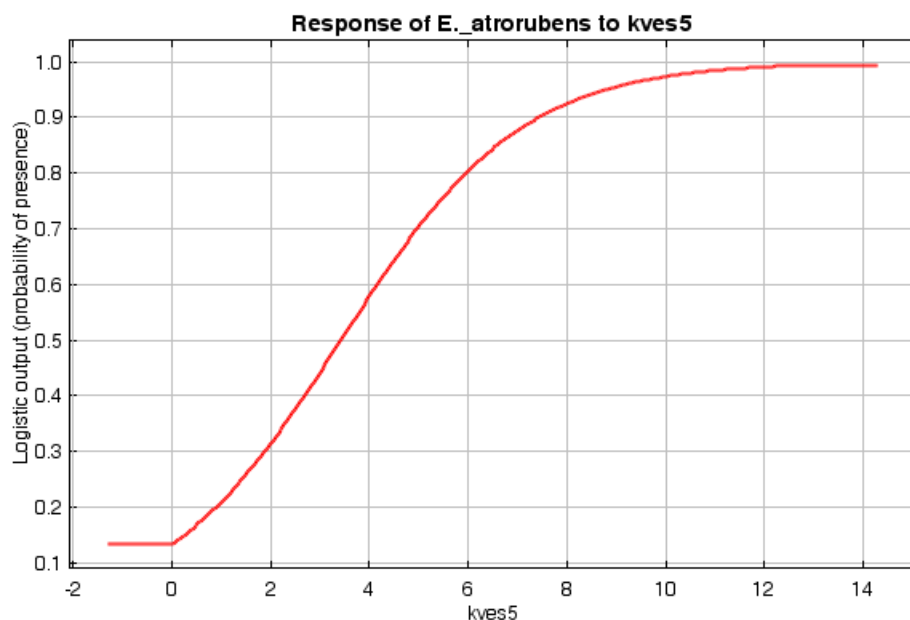
Vztah KVESu 5 k výskytu druhů byl již také vysvětlen mnohokrát, a proto nebudu zabíhat do detailů. Na obrázku 68 se nachází graf k tomuto faktoru, který ukazuje, že pravděpodobnost výskytu druhu roste s rostoucím množstvím suchých luk v okolí lokality.

Nakonec se podíváme na odpověď sledovaného druhu k alkalitě hornin. Tento vztah ukazuje obrázek 69. Zde bychom očekávali výhradně zásadité pH vzhledem k preferencím druhu a naše předpoklady jsou naplněny v podobě největšího výskytu druhu na horninách s číslem 7. To odpovídá preferovaným vápencům, a tak můžeme vidět, že analýza odpovídá očekáváním. Hojný výskyt je však také na horninách s číslem 4. Domnívám se, že je to způsobeno stejnou příčinou jako u *C. damasonium*. Sledovaný druh bývá totiž nalezen i na různých náspech železničních tratí či haldách vápencové suti, kde v podloží nutně vápence

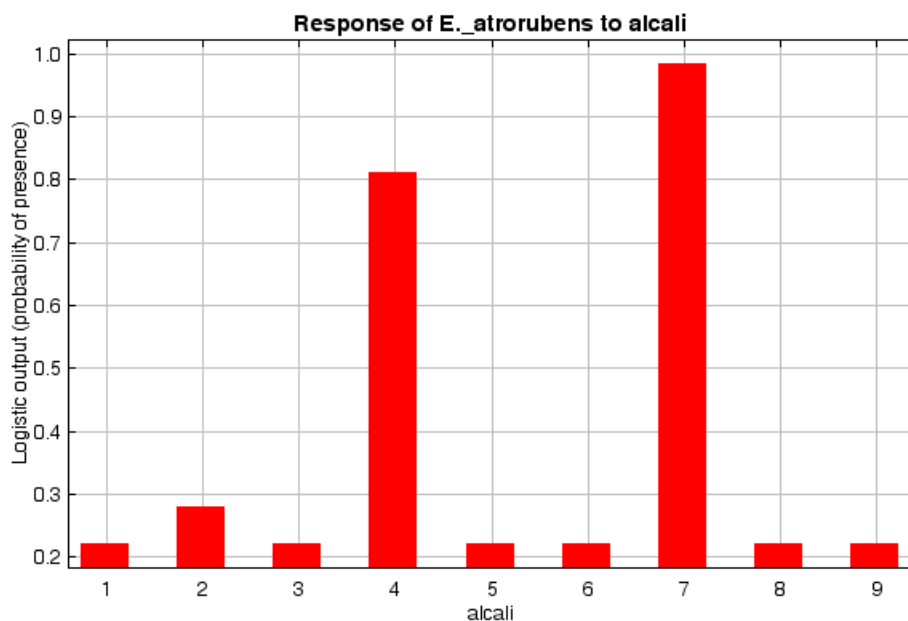
nemusí být. V tomto je nedostatek analýzy v MaxEntu, protože ten nedokáže takováto místa odlišit, tím dochází k chybám. I přesto jsou však horniny pod číslem 4 poměrně hodně zásadité a tak závěry odpovídají předpokladům.



Obrázek 67: Heterogenita prostředí (2) - *E. atrorubens*



Obrázek 68: KVES 5 (2) - *E. atrorubens*



Obrázek 69: Alkalita - *E. atrorubens*

4. ZÁVĚR

Analýza v MaxEnt byla použita na tyto vzácně se vyskytující druhy z toho důvodu, aby bylo možné nalézt další vhodné lokality a přispět tak k lepší ochraně druhů, aby byl jejich výskyt zachován i pro budoucí generace. Díky vzniklým mapám potenciálního rozšíření tak bude možné vhodné lokality navštívit a zjistit, zda se na nich druh vyskytuje. Bez těchto map by bylo nemožné cíleně hledat další lokality výskytu, protože by se jednalo pouze o náhodné hledání. Díky vzniku těchto predikčních map se okruh lokalit, kde by se druh mohl potenciálně vyskytovat, značně zúžil. Je tak možné se zaměřit pouze na místa s největší pravděpodobností výskytu na mapě a usnadnit tak práci lidem, kteří se monitoringu a záchraně orchidejí věnují.

Díky znalosti hlavní příčiny zániku orchidejových lokalit v minulosti také můžeme přisoudit velký význam vlivu managementu, jehož snahou je cílená péče o orchidejové lokality. Bez správného managementu by lokality brzo zarostly a přišli bychom tak o jedny z nejkrásnějších rostlin naší planety. Tato práce má tedy sloužit jako nástroj pro lepší ochranu orchidejí a má umožnit lepší pochopení důležitých faktorů pro jejich výskyt, aby tak tyto faktory mohly být zachovány i do budoucna.

5. Zdroje

- AMES, O., AMES, B. (1937). *Pollination of orchids through pseudocopulation*. Botanical Museum Leaflets, Harvard University, 5(1), 1-Xix.
- AOPK ČR (2013). Konsolidovaná vrstva ekosystémů [elektronická geografická data]. Verze 2013. Praha. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Detailní data krajinného pokryvu v 41 definovaných třídách na území ČR.
- COZZOLINO, Salvatore a Alex WIDMER. *Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception?* Trends in Ecology & Evolution [online]. 2005, **20**(9), 487-494 [cit. 2017-05-23]. DOI: 10.1016/j.tree.2005.06.004. ISSN 01695347. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534705001928>
- ČÚZK (2010) Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G), Dostupné z: Geoportál ČÚZK.
- DAUMANN, E. *Zum Problem der Tauschblumen*. Preslia. Praha, 1971, 304-307.
- HEJCMAN, Michal, Jürgen SCHELLBERG a Vilém PAVLŮ. *Dactylorhiza maculata, Platanthera bifolia and Listera ovata survive N application under P limitation*. *Acta Oecologica* [online]. 2010, **36**(6), 684-688 [cit. 2017-06-19]. DOI: 10.1016/j.actao.2010.09.001. ISSN 1146609x. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1146609X10001025>
- CHUMAN, Tomáš, Pavla GÜRTLEROVÁ, Jakub HRUŠKA a Marie ADAMOVIČ. *Geochemical reactivity of rocks of the Czech Republic*. *Journal of Maps* [online]. 2014, **10**(2), 341-349 [cit. 2017-08-04]. DOI: 10.1080/17445647.2013.867418. ISSN 1744-5647. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17445647.2013.867418>
- JACQUEMYN, H, R BRYNS, M HERMY a J WILLEMS. Long-term dynamics and population viability in one of the last populations of the endangered *Spiranthes spiralis* (Orchidaceae) in the Netherlands. *Biological Conservation* [online]. 2007, **134**(1), 14-21

[cit. 2017-06-19]. DOI: 10.1016/j.biocon.2006.07.016. ISSN 00063207. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320706003107>

JANEČKOVÁ, Petra, Kateřina WOTAVOVÁ, Iva SCHÖDELBAUEROVÁ, Jana JERSÁKOVÁ a Pavel KINDLMANN. Relative effects of management and environmental conditions on performance and survival of populations of a terrestrial orchid, *Dactylorhiza majalis*. *Biological Conservation* [online]. 2006, **129**(1), 40-49 [cit. 2017-06-20]. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.09.045. ISSN 00063207. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320705004143>

JERSÁKOVÁ, Jana a Pavel KINDLMANN. *Zásady péče o orchidejová stanoviště*. České Budějovice: Kopp, 2004. ISBN 80-7232-254-0.

JERSÁKOVÁ, Jana, Steven D. JOHNSON a Pavel KINDLMANN. *Mechanisms and evolution of deceptive pollination in orchids*. *Biological Reviews* [online]. 2006, **81**(02), 219- [cit. 2017-05-23]. DOI: 10.1017/S1464793105006986. ISSN 1464-7931. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1017/S1464793105006986>

JOHNSON, S. *Batesian mimicry in the non-rewarding orchid Disa pulchra, and its consequences for pollinator behaviour*. *Biological Journal of the Linnean Society* [online]. 2000, **71**(1), 119-132 [cit. 2017-05-23]. DOI: 10.1006/bijl.1999.0430. ISSN 00244066. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0024406699904303>

KINDLMANN, P. and BALOUNOVÁ, Z. (1999), *Flowering regimes of terrestrial orchids: unpredictability or regularity?*. *Journal of Vegetation Science*, 10: 269–273.
doi:10.2307/3237148

KINDLMANN, Pavel; Zuzana ŠTÍPKOVÁ, Marta KOLANOWSKA, Dušan ROMPORTL (2017): Species distribution models and their application in orchid biodiversity research. Proceedings of the 22nd World Orchid Conference, Nov. 8-12, 2017, Guayaquil, Ecuador, in press.

KULL, Tiiu, Pavel KINDLMANN, Michael J. HUTCHINGS a Richard B PRIMACK.

Conservation biology of orchids: Introduction to the special issue. Biological Conservation. 2006. ISSN 0006-3207.

KULL, Tiiu, Ulvi SELGIS, Miguel Villoslada PECIÑA, et al. *Factors influencing IUCN threat levels to orchids across Europe on the basis of national red lists*. Ecology and Evolution [online]. 2016, **6**(17), 6245-6265 [cit. 2017-05-23]. DOI: 10.1002/ece3.2363. ISSN 20457758. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ece3.2363>

KULLENBERG, B. *Studies in Ophrys pollination*, Zoologiska bidrag från Uppsala, vol. 34, pp. 1-340, 1961.

MATTILA, E., KUITUNEN, M.T., 2000. Nutrient versus pollination limitation in *Platanthera bifolia* and *Dactylorhiza incarnata* (Orchidaceae). *Oikos* 89, 360e366.

MEEKERS, Tine a Olivier HONNAY. *Effects of habitat fragmentation on the reproductive success of the nectar-producing orchid *Gymnadenia conopsea* and the nectarless *Orchis mascula**. Plant Ecology [online]. 2011, **212**(11), 1791-1801 [cit. 2017-05-23]. DOI: 10.1007/s11258-011-9949-4. ISSN 1385-0237. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11258-011-9949-4>

MLÁDEK, Jan, ed. *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích: (metodická příručka pro ochranu přírody a zemědělskou praxi)*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, c2006. ISBN 80-86555-76-3.

MÖLLEROVÁ, Jana. *Co víme o salepu? Doktrína signatur – vousatá pověra* [online]. In: . 2009 [cit. 2017-07-10]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/co-je-salep/>

NILSSON ANDERS, L. *Orchid pollination biology*. Trends in Ecology & Evolution [online]. 1992, **7**(8), 255-259 [cit. 2017-05-23]. DOI: 10.1016/0169-5347(92)90170-G. ISSN 01695347. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/016953479290170G>

- PHILLIPS, Steven J; Miroslav DUDÍK, Robert E. SCHAPIRE. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2017-6-27.
- PRIMACK, R.B. & HALL, P. 1990. *Costs of reproduction in the pink lady slipper orchid, a four-year experimental study*. *Am. Nat.* 136: 638-656.
- PROCHÁZKA, František. *Naše orchideje*. Pardubice: Krajské muzeum východních Čech, 1980.
- PROCHÁZKA, František a Václav VELÍSEK. *Orchideje naší přírody*. Praha: Academia, nakladatelství Československé akademie věd, 1983. Živou přírodou.
- RASMUSSEN, Hanne N.. *Terrestrial orchids: from seed to mycotrophic plant*. Digitally printed version. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press, 2008. ISBN 9780521048811.
- ROMPORTL, Dušan – prezentace PřFUK , MFGP_Modelování_2014
- SHEFFERSON, Richard P., Brett K. SANDERCOCK, Joyce PROPER a Steven R. BEISSINGER. *Estimating dormancy and survival of a rare herbaceous perennial using mark-recapture models*. *Ecology* [online]. 2001, **82**(1), 145-156 [cit. 2017-06-01]. DOI: 10.1890/0012-9658(2001)082[0145:EDASOA]2.0.CO;2. ISSN 0012-9658. Dostupné z: [http://doi.wiley.com/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0145:EDASOA\]2.0.CO;2](http://doi.wiley.com/10.1890/0012-9658(2001)082[0145:EDASOA]2.0.CO;2)
- SILVERTOWN, J., WELLS, D.A., GILLMAN, M., DODD, M.E., ROBERTSON, H., LAKHANI, K.H., 1994. Short-term effects and long-term after-effects of fertilizer application on the flowering population of green-winged orchid *Orchis morio*. *Biol. Conserv.* 69, 191-197.
- TSIFTISIS, Spyros; TSIRIPIDIS, Ioannis; TRIGAS, Panayiotis. Identifying important areas for orchid conservation in Crete. **European Journal of Environmental Sciences**, [S.l.], v. 1, n. 2, dec. 2011. ISSN 2336-1964. Available at: <http://www.ejes.cz/index.php/ejes/article/view/49>.

VLČKO, Jaroslav, Daniel DÍTĚ a Martin KOLNÍK. *Vstavačovitě Slovenska*. Zvolen: ZO SZOPK Orchidea, 2003. ISBN 8085453452.

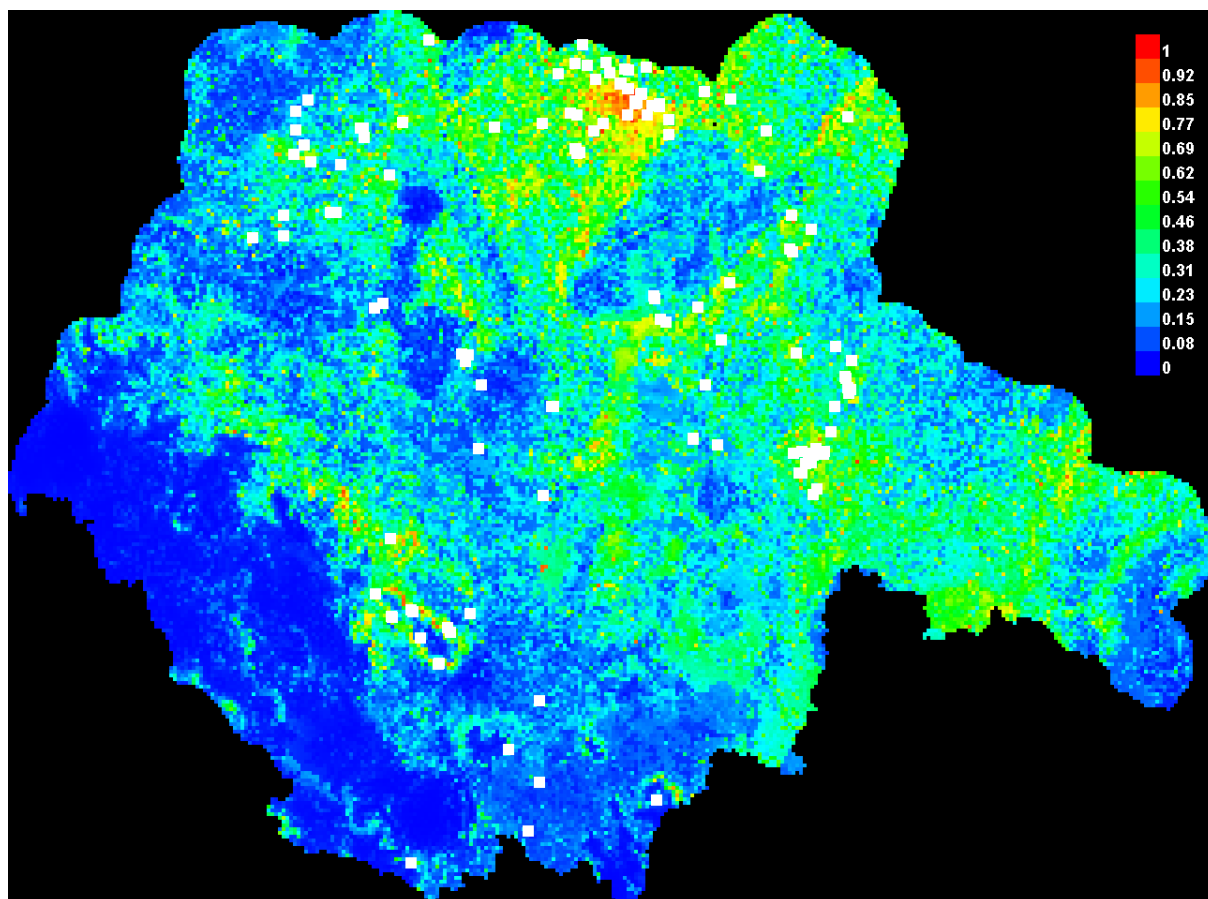
WASSEN, Martin J., Harry Olde VENTERINK, Elena D. LAPSHINA a Franziska TANNEBERGER. Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* [online]. 2005-9-22, **437**(7058), 547-550 [cit. 2017-06-19]. DOI: 10.1038/nature03950. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/nature03950>

WILLEMS, J. H. a E. DORLAND. *Flowering Frequency and Plant Performance and their Relation to Age in the Perennial Orchid Spiranthes spiralis (L.) Chevall.* Plant Biology [online]. 2000, **2**(3), 344-349 [cit. 2017-06-01]. DOI: 10.1055/s-2000-3707. ISSN 1435-8603. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1055/s-2000-3707>

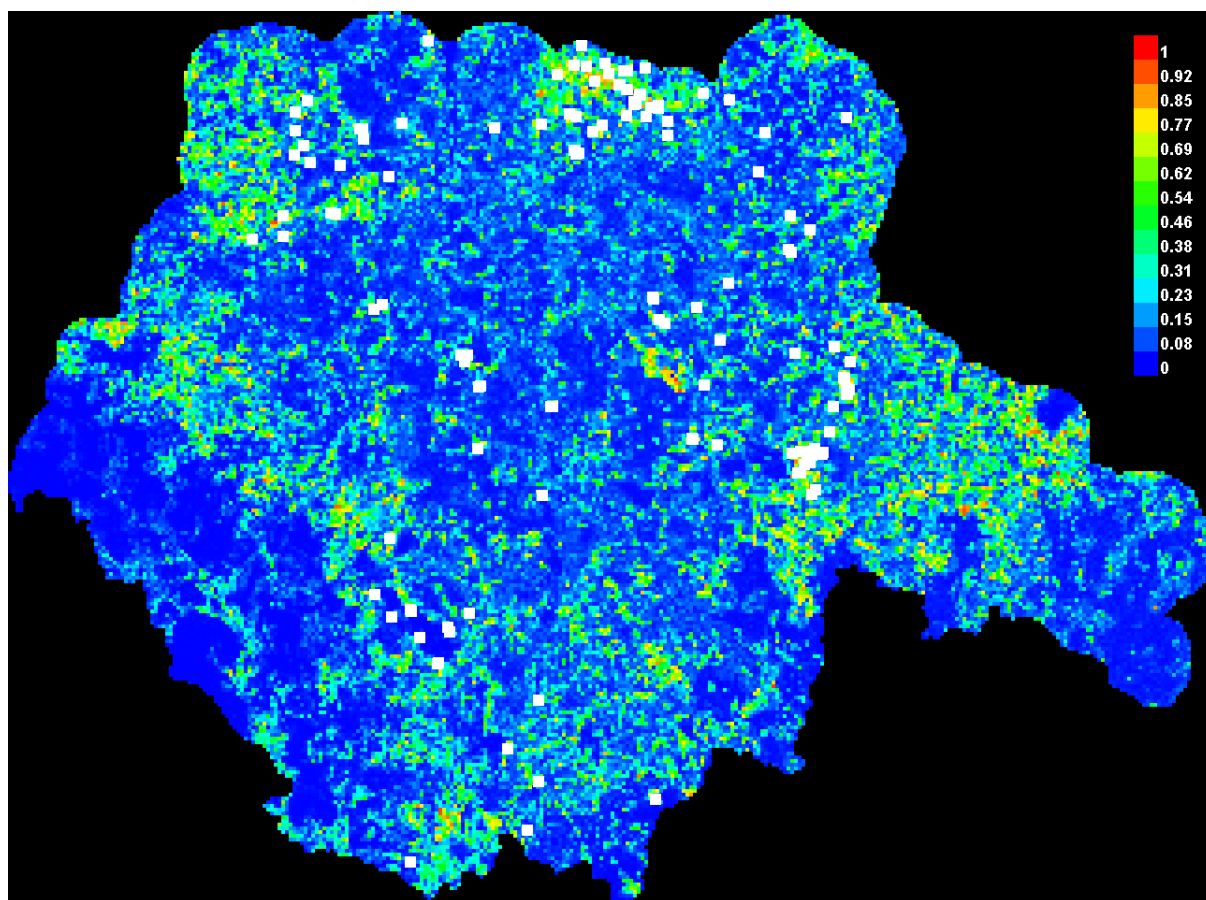
Wikipedia: Jihočeský kraj. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Jiho%C4%8Desk%C3%BD_kraj

6. Přílohy

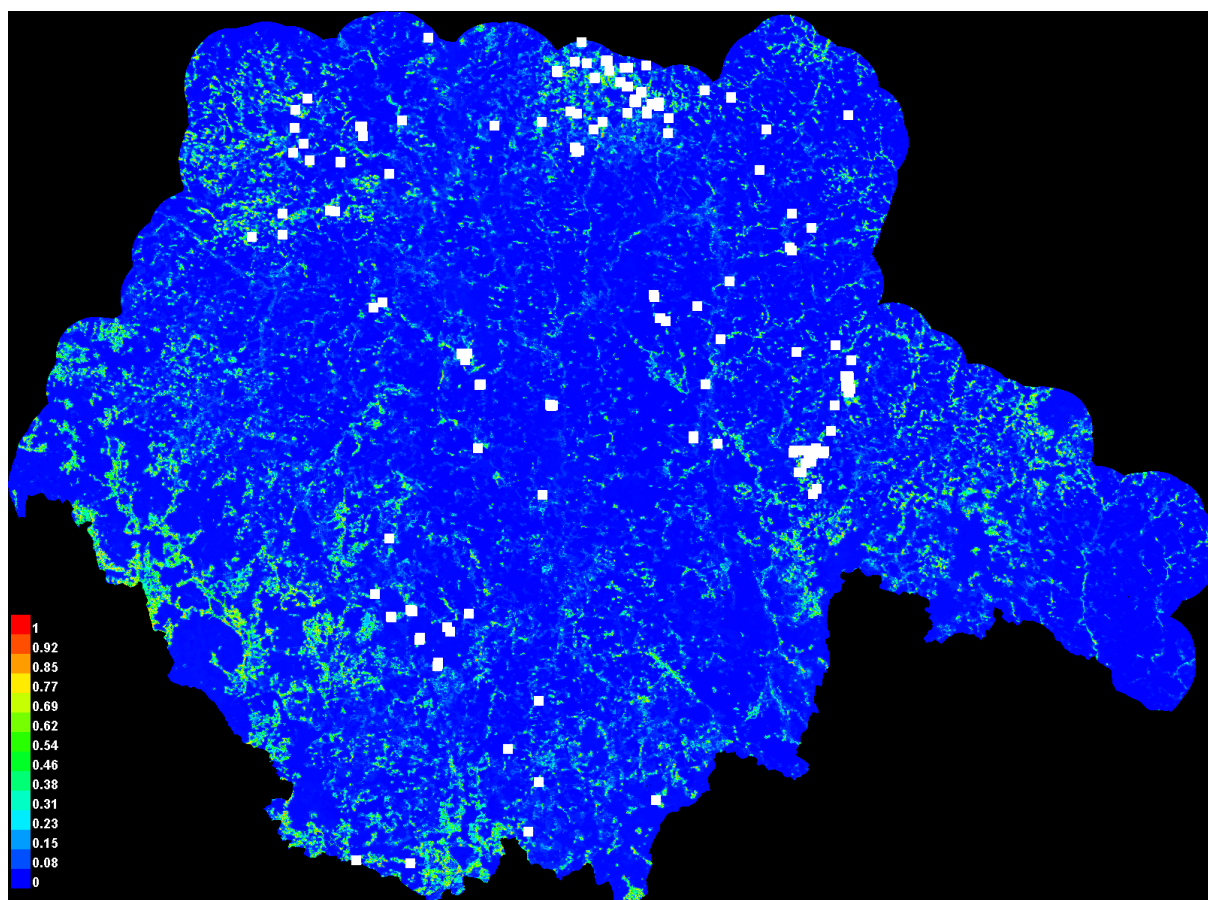
Příloha A1 - *Dactylorhiza majalis* (1. analýza)



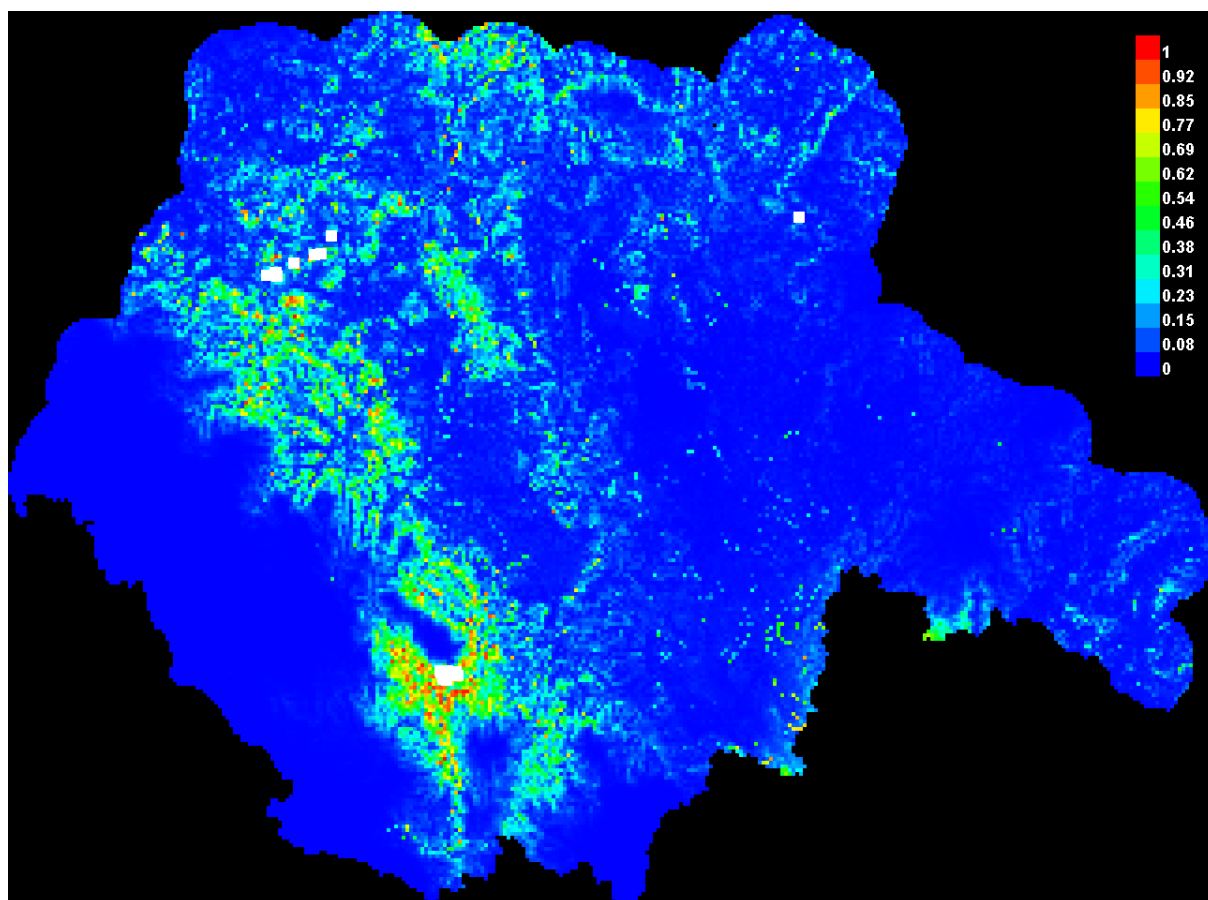
Příloha A2 - *Dactylorhiza majalis* (2. analýza)



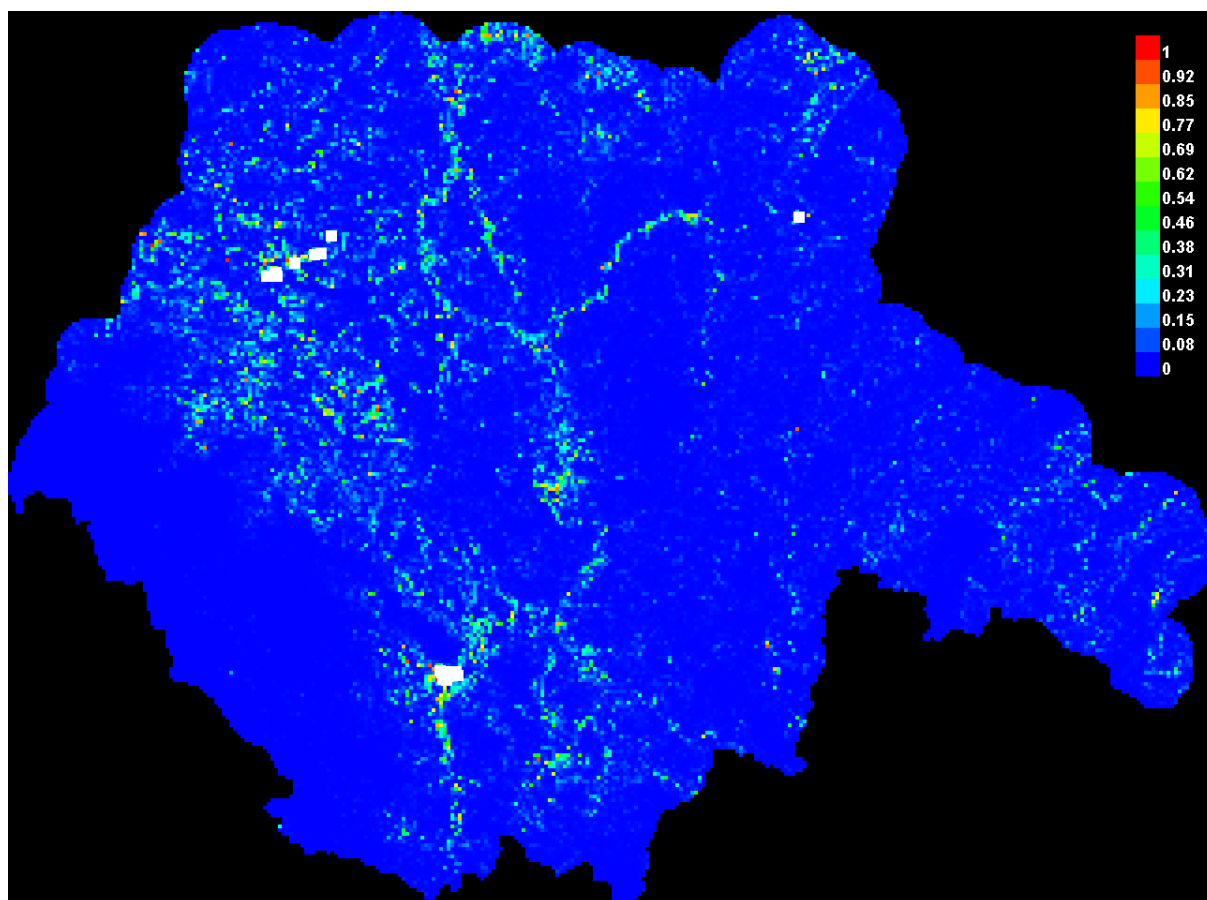
Příloha A3 - *Dactylorhiza majalis* (3. analýza)



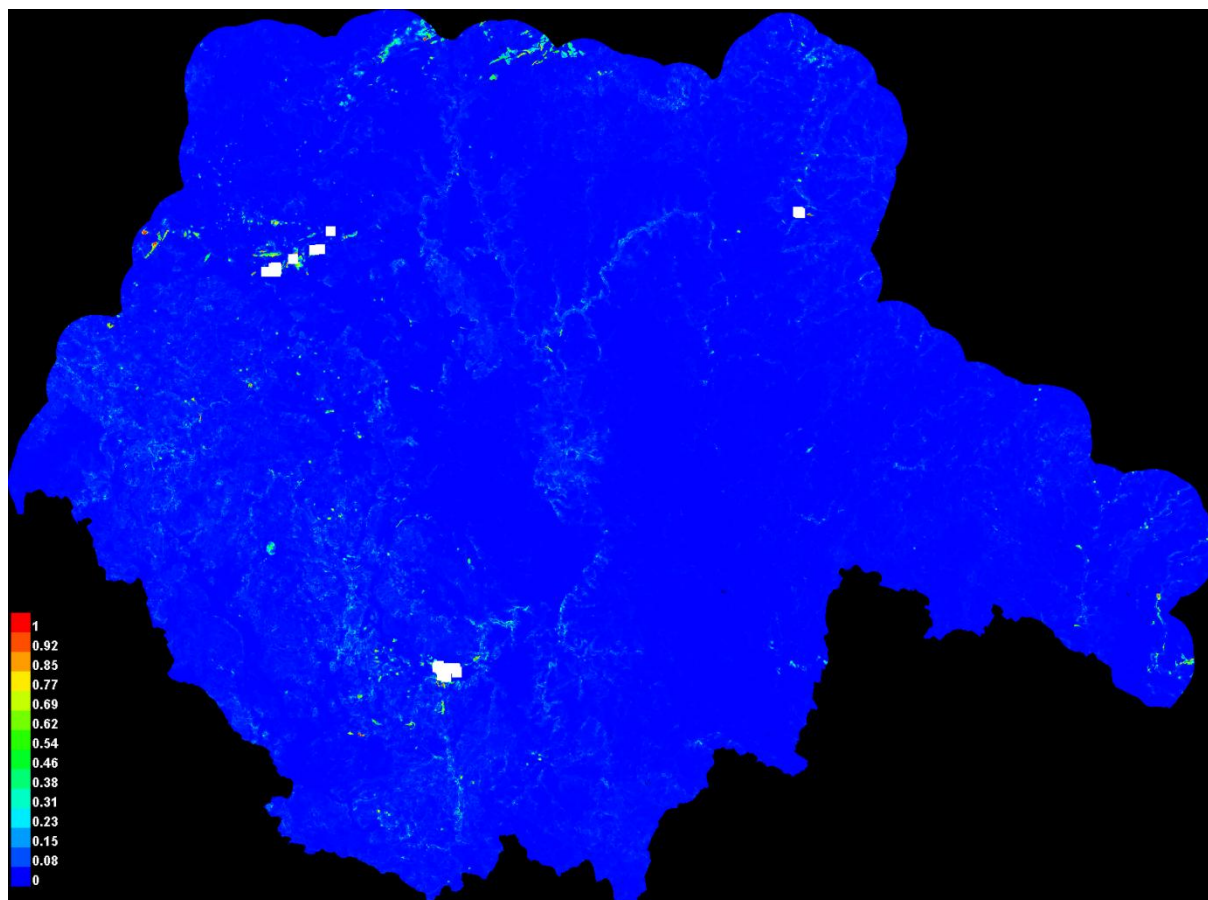
Příloha B1 - *Cephalanthera damasonium* (1. analýza)



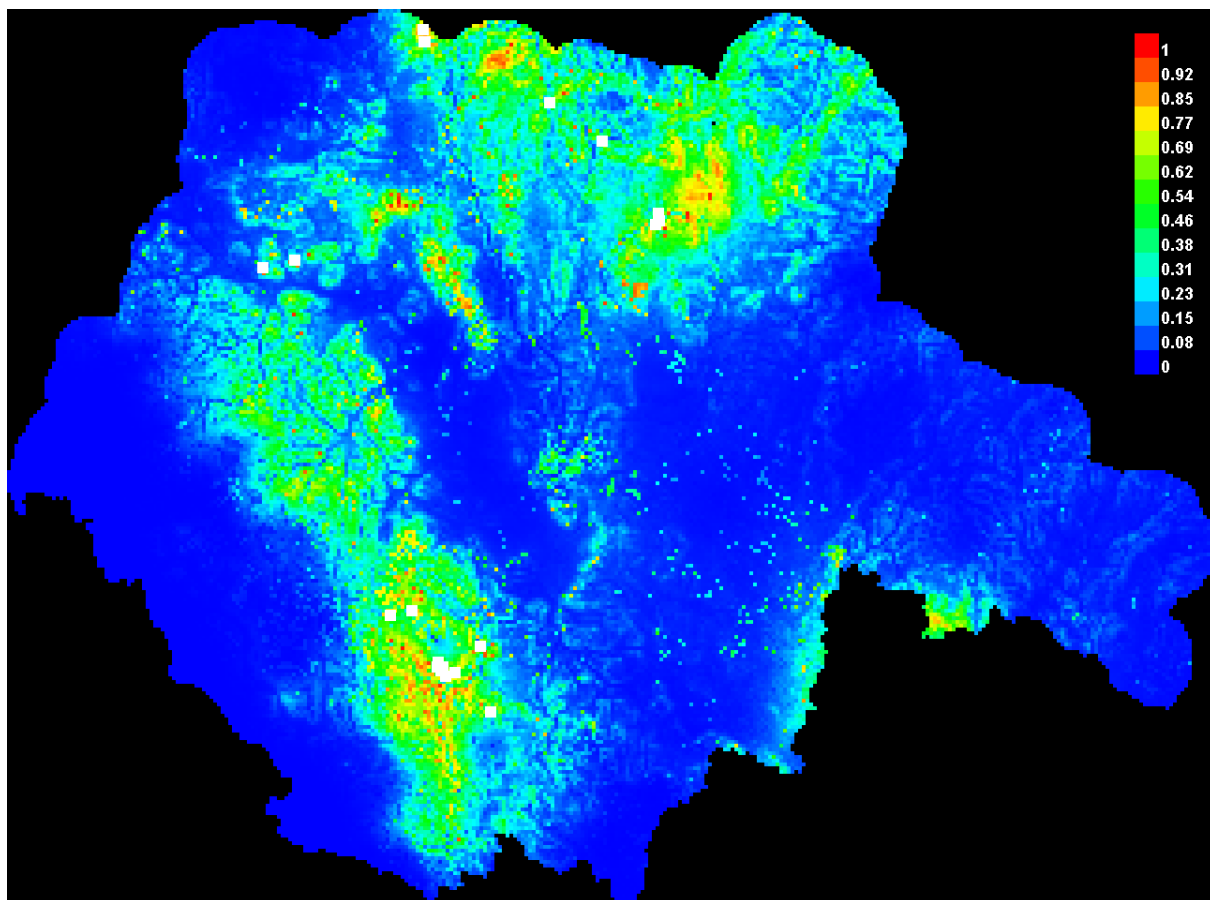
Příloha B2 - *Cephalanthera damasonium* (2. analýza)



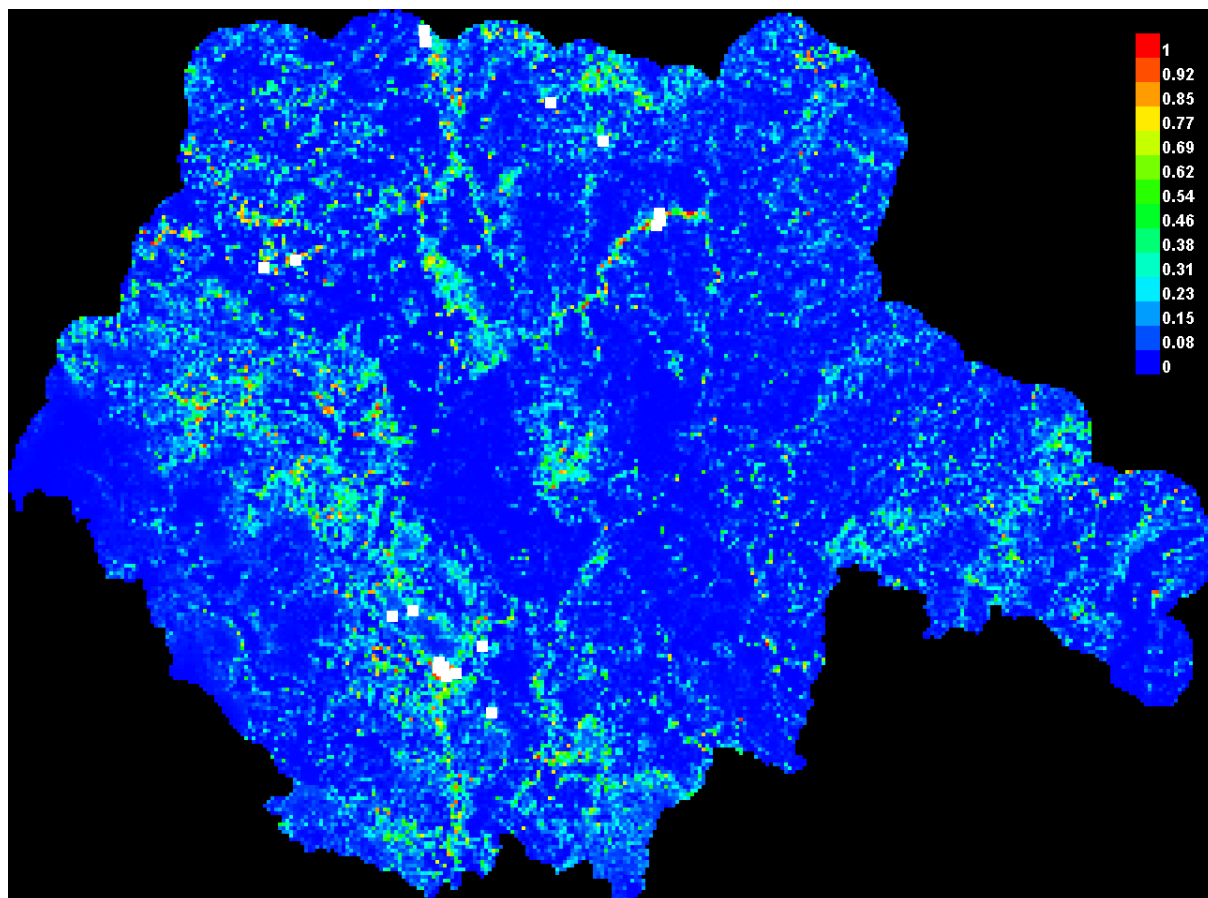
Příloha B3 - *Cephalanthera damasonium* (3. analýza)



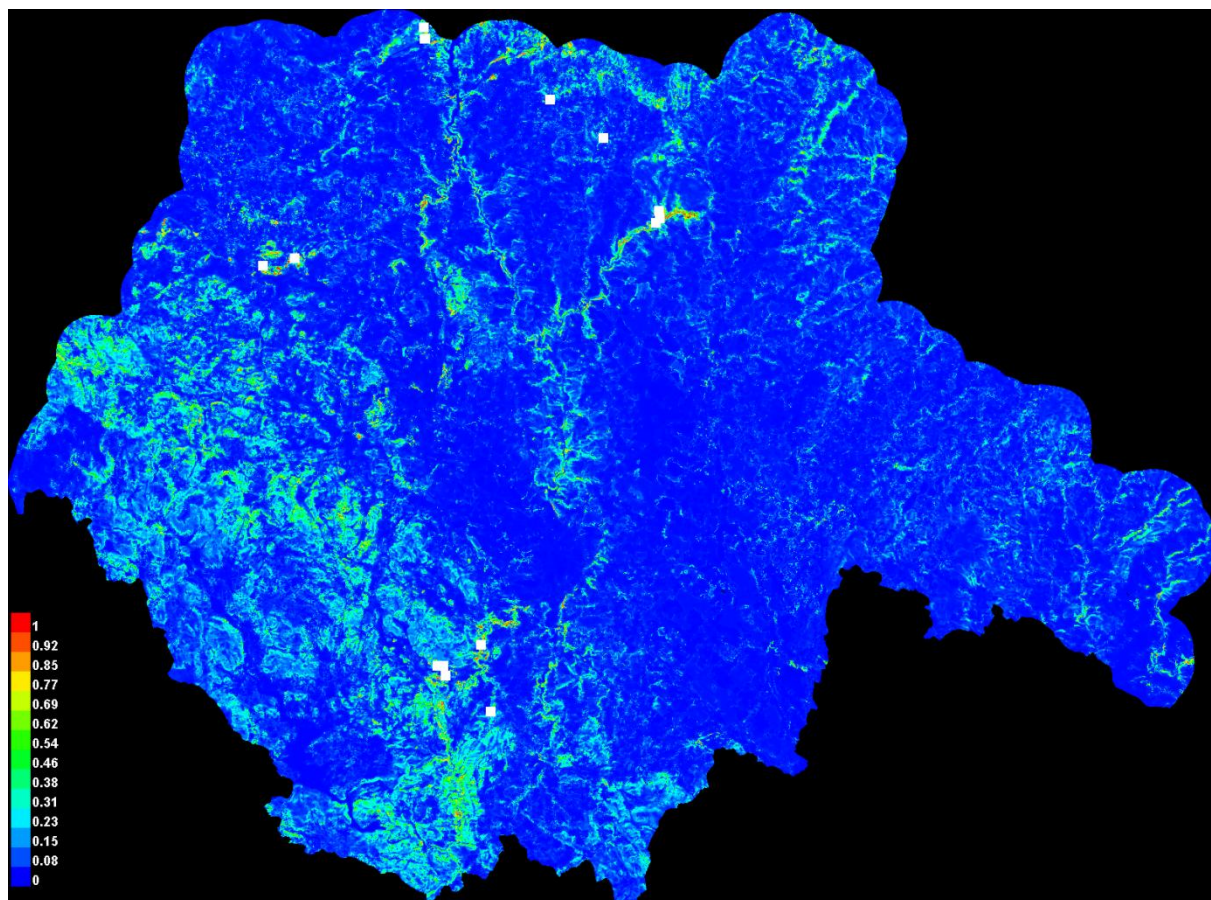
Příloha C1 - *Platanthera bifolia* (1. analýza)



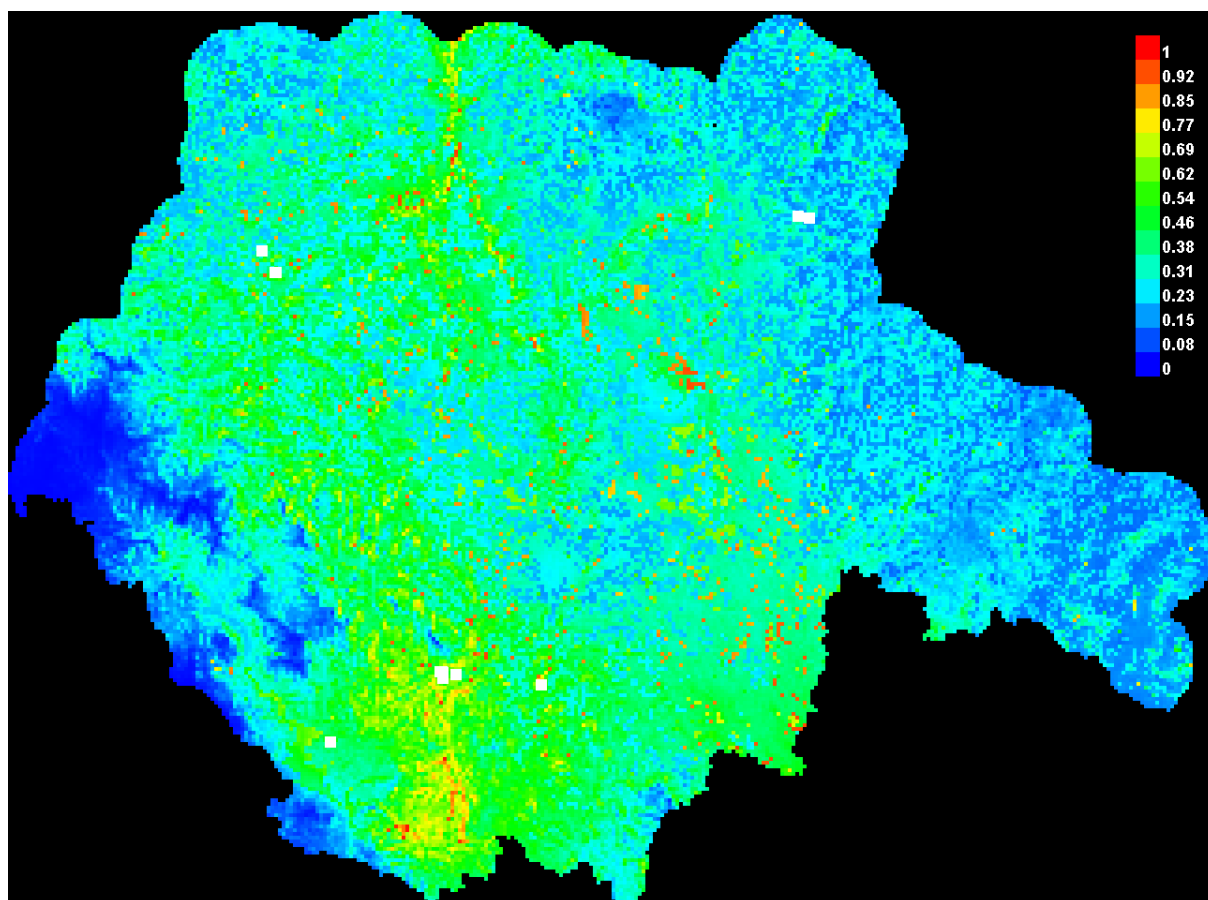
Příloha C2 - *Platanthera bifolia* (2. analýza)



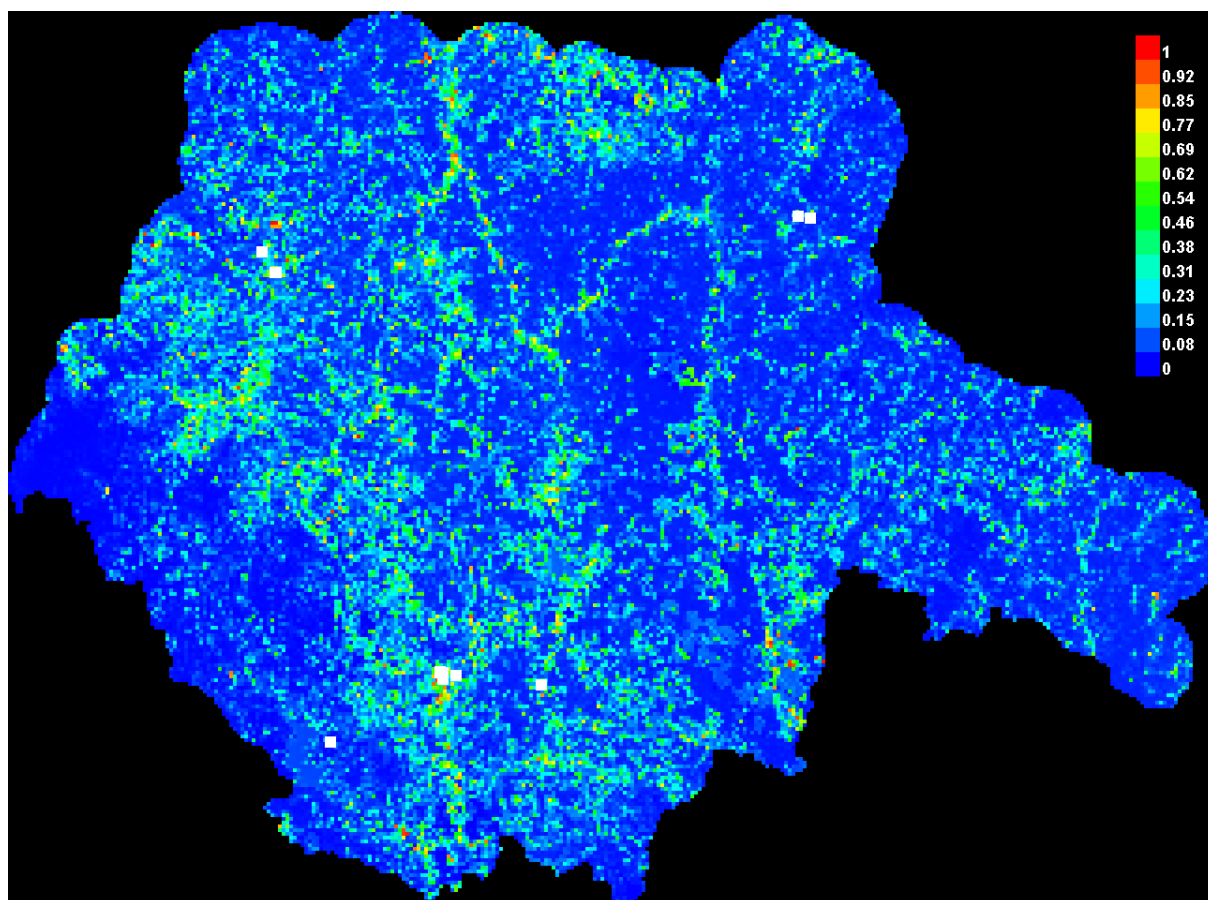
Příloha C3 - *Platanthera bifolia* (3. analýza)



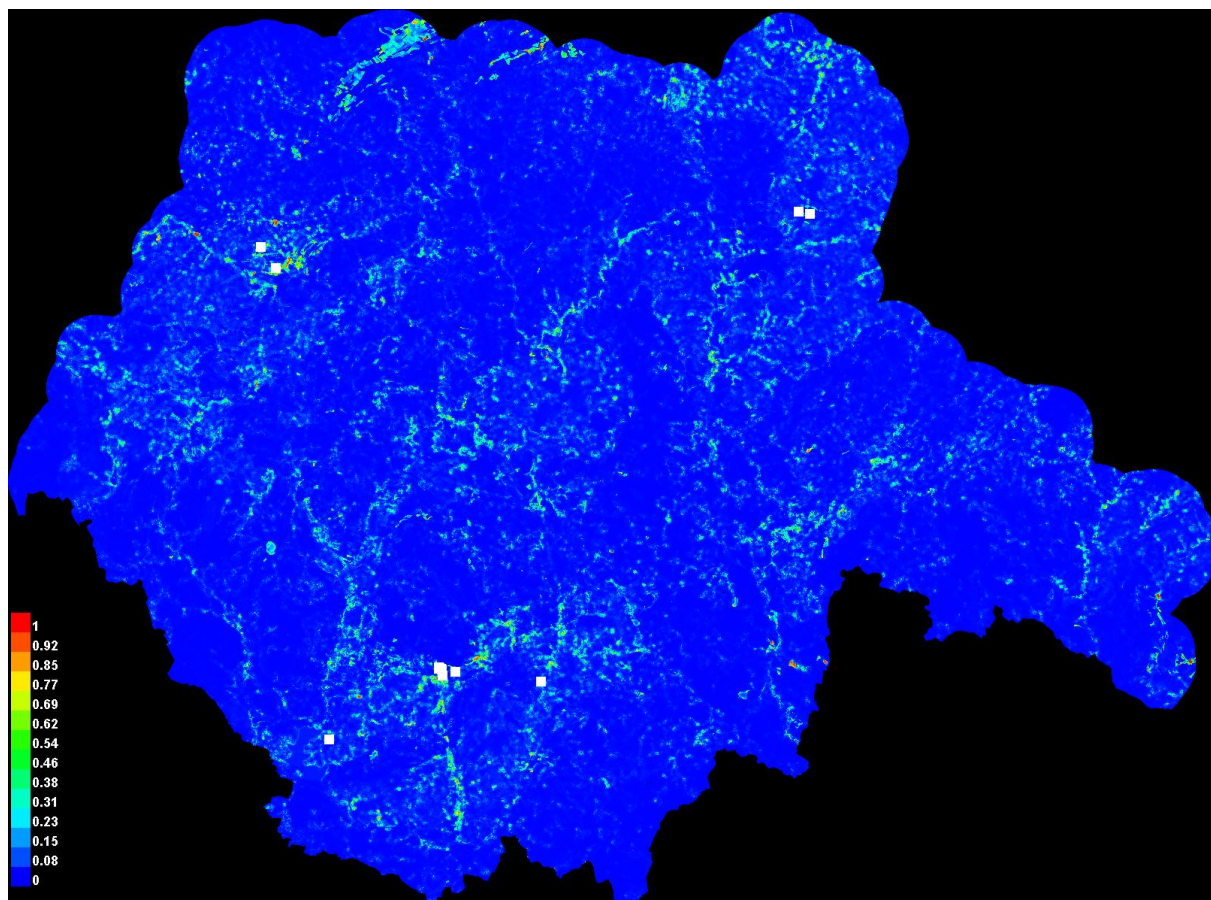
Příloha D1 - *Epipactis atrorubens* (1. analýza)



Příloha D2 - *Epipactis atrorubens* (2. analýza)



Příloha D3 - *Epipactis atrorubens* (3. analýza)



Příloha E - Tabulka KVES

KÓD	NÁZEV
1	Vodní toky přírodní
2	Vodní toky nepřírodní
3	Dopravní síť
4	Aluviální a vlhké louky
5	Suché trávníky
6	Mezofilní louky
7	Alpínské louky
8	Vřesoviště
9	Lužní a mokřadní lesy
10	Doubravy a dubohabřiny
11	Suťové lesy
12	Bučiny
13	Suché bory
14	Smrčiny
15	Rašelinné lesy
16	Přírodní kosodřevina
17	Přírodní křoviny
18	Makrofytní vegetace stojatých vod
19	Mokřady a pobřežní vegetace
20	Rašeliniště a prameniště
21	Skály, sutě
22	Skály, lomy (umělé)
23	Bažina, močál
24	Rybníky a nádrže
25	Nepůvodní kosodřevina
26	Nepůvodní křoviny
27	Chmelnice
28	Vinice
29	Hospodářské lesy listnaté
30	Hospodářské lesy smíšené
31	Hospodářské lesy jehličnaté
32	Skládky a staveniště
33	Městské zelené plochy, okrasná zahrada, park, hřbitov
34	Sportovní a rekreační plochy
35	Průmyslové a obchodní jednotky
36	Nesouvislá městská zástavba
37	Souvislá městská zástavba
38	Ovocný sad, zahrada
39	Hospodářské louky
40	Orná půda